

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVALUATION DE L'ÉCO-EFFICACITÉ DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE  
ZONAGE DE L'AMÉNAGEMENT FORESTIER

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE  
L'ENVIRONNEMENT

PAR

CAROLINA AGUILAR BALANTA

NOVEMBRE 2011

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier vivement mon directeur de recherche, Daniel Kneeshaw, de m'avoir initialement fait confiance, puis de m'avoir conseillée, orientée et encouragée pendant la réalisation de ce mémoire. Je tiens aussi à exprimer ma gratitude envers mon codirecteur, Pierre Lasserre, pour ses conseils et parce qu'il s'est toujours soucié de ma compréhension des problèmes abordés. Un grand merci aussi à Christian Messier, qui m'a donné l'occasion de découvrir le domaine de la foresterie au Québec grâce au projet Triade, et pour son soutien financier. J'aimerais également remercier Nancy Gélinas pour sa disponibilité à répondre à mes questions.

En outre, je souhaite remercier chaleureusement tous ceux qui, grâce à leurs conseils, ont rendu ce mémoire possible. J'adresse un merci tout spécial à l'entreprise Abitibi Bowater, ainsi qu'à Pierre Boudreau et Serge Morin et Luc Généreux pour leur gentillesse et leur disponibilité.

Je remercie aussi FPInnovations (Institut canadien de recherches en génie forestier) d'avoir collaboré à cette étude sur le plan technique en me facilitant la tâche relativement au logiciel Interface 2003. Si finalement cet outil d'aménagement forestier n'a pas été utilisé dans le cadre de ce mémoire, j'ai pu en évaluer sa possibilité d'utilisation dans mes calculs. Aussi, j'aimerais adresser un remerciement tout particulier à Philippe Meek pour son orientation.

Finalement, je tiens à remercier ma mère pour son soutien inconditionnel jusqu'à la fin de ces jours dans la poursuite de mes rêves, entre eux, celui de faire des études de spécialisation au Canada, de même que mon frère et ma sœur qui m'ont appuyée à distance. J'aimerais aussi souligner l'appui de mon conjoint, Patrice, et de mes amis, qui sont ma famille dans ce pays, et qui m'ont accompagnée et encouragée pendant la réalisation de la maîtrise. Pour finir, j'aimerais témoigner ma reconnaissance à mes collègues du laboratoire, qui m'ont si bien accueilli et intégrée au sein de leur équipe.

## TABLE DE MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES FIGURES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	viii
RÉSUMÉ .....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I	
REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	10
1.1 Aménagement forestier durable.....	10
1.2 Zonage fonctionnel .....	12
1.3 Les zones d'aménagement Triade.....	13
1.3.1 Zone de conservation .....	13
1.3.2 Zone d'aménagement écosystémique .....	15
1.3.3 La zone de production forestière.....	18
1.4 Éco-efficacité (Concept).....	19
1.5 Calcul de la possibilité forestière.....	21
1.6 Logiciels de simulation utilisés pour la réalisation des calculs de la possibilité forestière.....	22
1.6.1 Sylva II.....	23
1.6.2 Woodstock / Stanley (Système de planification spatiale de Remsoft) .	25
CHAPITRE II	
DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	28
2.1 Aire d'étude .....	28
2.2 Le projet Triade .....	31
2.3 Fondement méthodologique .....	32

2.3.1 Première étape de l'analyse coûts-avantages et de l'éco-efficacité : la création des scénarios et la collecte de données sur les coûts et les avantages (revenus) des stratégies d'aménagement (l'évaluation).....	35
2.3.1.1 Stratégies d'aménagement forestier .....	36
2.3.1.2 Stratégie d'aménagement Triade .....	38
2.3.1.3 Stratégie d'aménagement traditionnelle.....	42
2.3.1.4 Période d'analyse .....	43
2.3.1.5 Calcul des superficies et des volumes de bois des scénarios .....	43
2.3.1.5.1 Superficies.....	43
2.3.1.5.2 Volumes .....	44
2.3.1.6 Calcul des coûts et des avantages .....	47
2.3.1.6.1 Coûts d'aménagement du territoire.....	48
2.3.1.6.2 Coûts de la ligniculture .....	52
2.3.1.6.3 Coûts de la voirie forestière .....	53
2.3.1.6.4 Droits de coupe .....	55
2.3.1.6.5 Coûts de formation de la main d'œuvre.....	56
2.3.1.6.6 Avantages (revenus).....	57
2.3.2 Deuxième étape de l'analyse coûts-avantages : la conversion de la valeur des coûts et des avantages de dollars courants en dollars constants.....	57
2.3.3 Troisième étape de l'analyse coûts-avantages : l'estimation de la valeur actuelle nette .....	59
2.3.3.1 Indicateurs de performance des scénarios.....	63
2.3.3.1.1 Valeur Actuelle Nette (VAN) .....	64
2.3.3.1.2 L'indice coût-avantage.....	65
2.3.4 Quatrième étape de l'analyse coûts-avantages : l'analyse de sensibilité.....	65
CHAPITRE III	
RÉSULTATS DE RECHERCHE.....	67
3.1 Coûts d'aménagement du territoire.....	68
3.1.1 Récolte et supervision de la récolte.....	68

3.1.2 La sylviculture : planification et suivi.....	70
3.1.3 Ligniculture : planification et suivi.....	71
3.1.4 Voirie forestière .....	71
3.2 Avantage et rentabilité financière .....	72
3.3 Analyse de sensibilité .....	77
3.3.1 Taux d'actualisation.....	77
3.3.2 Coûts d'aménagement.....	78
3.3.3 Revenus.....	78
CHAPITRE IV	
DISCUSSION.....	81
4.1 Productivité forestière et financière.....	81
4.2 Diminution des coûts et de l'intensité de l'utilisation des ressources .....	83
4.2.1 Avantages non-marchands des stratégies Triade.....	86
4.3 L'atteindre des objectifs de production et le respect des valeurs écologiques .....	89
4.4 Analyse critique et recommandations.....	90
CONCLUSION.....	92
GLOSSAIRE .....	96
ANNEXE I	
SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UAF 042-51 .....	102
ANNEXE II	
ZONAGE PRÉLIMINAIRE.....	102
ANNEXE III	
REFUGES BIOLOGIQUES.....	103
ANNEXE IV	
RÉCRÉATION ET TOURISME.....	104
ANNEXE V	
DESCRIPTION DE LA DISTRIBUTION D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DE LA POSSIBILITÉ FORESTIÈRE ET DES TRAITEMENTS SYLVIQUES CHOISIS DANS LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT TRADITIONNELLE (EXTRAIT DE LA PAGE OFFICIELLE DU BUREAU DU FORESTIER EN CHEF) .....	105

ANNEXE VI	
HITOGRAMME DE SIMULATION DU CALCUL DE POSSIBILITÉ VOLUMES RÉCOLTÉS, TOUTES LES ESSENCES (SCÉNARIO 1) UAF 042-51 .....	107
ANNEXE VII	
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 8), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK : VOLUME DE RÉCOLTE PAR ESSENCE ET PAR PÉRIODE (SCÉNARIO 1) UAF 042-51 .....	108
ANNEXE VIII	
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 9 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK : VOLUME DE RÉCOLTE PAR ESSENCE ET PAR PÉRIODE (SCÉNARIO 1) UAF 042-51 .....	109
ANNEXE IX	
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 5), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1) TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51 .....	110
ANNEXE X	
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 6 À 10), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1) TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51 .....	111
ANNEXE XI	
TABLEAU # 3 (PÉRIODES 11 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK : SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1) TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51 .....	112
ANNEXE XII	
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 8), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1) TRAITEMENS SANS RÉCOLTE.....	113
ANNEXE XIII	
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 9 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1) TRAITEMENS SANS RÉCOLTE.....	114
ANNEXE XIV	
TRAITEMENTS SYLVICOLES CHOISIS DANS LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT TRIADE (EXTRAIT DE BEAULIEU ET AL., 2009).....	115
BIBLIOGRAPHIE.....	123

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
3.1	Possibilité forestière de l'aménagement traditionnel et chacun des scénarios triade pendant la période d'analyse (80 ans). Volumes nets. Scénario 1 (Conservation 11 %; aménagement écosystémique 69 % et production forestière 20 %). Scénario 2 (Conservation 5 %; aménagement écosystémique 75 % et production forestière 20 %). Scénario 3 (Conservation 20 %; aménagement écosystémique 40 % et production forestière 40 %). .....68
3.2	Comparaison des coûts de la récolte entre l'aménagement traditionnel et les scénarios triade en utilisant un taux d'actualisation décroissante dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans). .....69
3.3	Comparaison entre l'aménagement traditionnel et les scénarios triade des coûts de la sylviculture, de sa planification et de son suivi en utilisant un taux d'actualisation décroissante dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans).....70
3.4	Comparaison de la différence entre les avantages et les coûts de la stratégie d'aménagement traditionnelle et de la stratégie triade en utilisant un taux d'actualisation décroissant dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans). .....75
3.5	Comparaison de la VAN (Valeur Actuelle Nette) des scénarios durant la période analysée (80 ans). .....75
3.6	Comparaison des rapports avantages-coûts de la stratégie d'aménagement traditionnelle et de la stratégie triade (périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans). .....76
3.7	Comparaison de l'indice coût-avantage des scénarios durant la période analysée (80 ans). .....77



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1.1	Comparaison de logiciels de simulation utilisés pour la réalisation des calculs de la possibilité forestière des stratégies d'aménagement .....	27
2.1	Scénarios comparés par type d'aménagement et superficies aménagées .....	36
2.2	Traitements sylvicoles prévus pour chaque stratégie d'aménagement.....	41
2.3	Classification du territoire dans la stratégie d'aménagement traditionnelle .....	43
2.4	Possibilité annuelle de coupe, par essence, en volume marchand net pour chaque scénario (Période 1).....	47
2.5	Coûts de traitements avec récolte .....	50
2.6	Coûts des traitements sylvicoles (traitements sans récolte).....	51
2.7	Coefficients d'actualisation .....	63
3.1	Rentabilité forestière des scénarios.....	74
3.2	Évolution des avantages et des coûts à travers le temps :.....	76
3.3	Sensibilité de différents facteurs financiers dans chacun des scénarios .....	80

## LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AC	Aire commune
BOJ	Bouleau jaune
BOP	Bouleau jaune
BOU	Groupe de calcul bouleau
CAAF	Contrat d'approvisionnement et d'aménagement forestier
CPE	Coupe progressive d'ensemencement
CPHR	Coupe avec protection de la haute régénération et des sols
CPI	Coupe progressive irrégulière
CPPTM	Coupe avec protection de petites tiges marchandes
CPRS	Coupe avec protection de la régénération et des sols
EPB	Épinette Blanc
EPC	Éclaircie pré-commerciale
EPN	Épinette noire
EPO	Épinette de Norvège
ESI	Éclaircie sélective individuelle
ESM	Éclaircie sélective mixte
FERIC	Institut canadien de recherches en génie forestier
IPC	Indice des prix à la consommation
MBOFIF	Mélange à feuillus intolérants dominé par le BOP, à tendance feuillue
MBOFSF	Mélange à BOJ à tendance feuillue
MEH	Mélèze hybride
MRC	Municipalité régionale de comté
MRNF	Ministère des ressources naturelles et de la faune
PEH	Peuplier hybride
PEU	Peuplier
PGAF	Plan générale d'aménagement forestier
PIB	Pin blanc et pin rouge

PIG	Pin gris
PIN	Résineux à dominance de pins
PRU	Pruche
SEPM	Groupe de calcul sapin, épinette, pin gris, mélèzes
SOPFEU	Société de protection contre les incendies de forêts
SOPFIM	Société de protection des forêts contre les insectes et maladies
TBE	Tordeuse des bourgeons de l'épinette
UAF	Unité d'aménagement forestière
VA	Valeur actuelle
VAN	Valeur actuelle nette
VF	Valeur future
ZEC	Zone d'exploitation contrôlée

## RÉSUMÉ

La présente étude intègre le concept d'éco-efficacité (l'efficacité avec laquelle on produit des biens et des services qui répondent aux besoins humains tout en réduisant progressivement les impacts écologiques) à l'aménagement forestier, au moyen d'une évaluation de différents scénarios de gestion du territoire (aménagement forestier traditionnel et différentes stratégies de zonage du territoire). Jusqu'à présent, le concept d'éco-efficacité n'a pas encore été appliqué à l'aménagement forestier. Notre objectif était d'évaluer si le zonage fonctionnel du type Triade (aménagement qui divise les territoires en trois zones, chacune conçue pour traiter un ensemble spécifique des objectifs et des priorités) est une option éco-efficace, en fonction des innovations et des changements proposés dans les pratiques d'aménagement forestier réalisées de façon traditionnelle où l'ensemble du territoire est aménagé plus ou moins de la même façon. L'analyse coûts-avantages a été retenue afin d'établir l'efficacité économique et environnementale des stratégies. Cette analyse s'appuie sur la comparaison de quatre scénarios : trois de zonage Triade, comportant différents pourcentages de superficies ou zones données à trois types d'aménagement (conservation, aménagement écosystémique et production forestière), et un, représentant l'aménagement traditionnelle et ne tenant pas compte de l'implantation des aires de conservation, ni des plantations à rendement élevée (ligniculture). Les coûts d'aménagement forestier ainsi que ceux de la voirie forestière ont été évalués. Nous avons effectué l'analyse sur un horizon de 80 ans, divisé par périodes quinquennales. L'aire d'étude est l'UAF 042-51 qui se trouve au Québec, en Mauricie. Nos résultats suggèrent que la stratégie de zonage d'aménagement forestier : conservation 11 %, aménagement écosystémique 69 % et production forestière 20 %, s'avère la plus éco-efficace car elle procure les meilleurs résultats afin de répondre aux besoins de l'industrie et du maintien de l'écosystème forestier, grâce à l'équilibre donné par les pourcentages de superficies accordés à chacune de ces zones. Les scénarios Triade produiront autant de bois que la stratégie d'aménagement traditionnelle à moindre coût, car ils sont plus efficaces dans deux postes principaux : la sylviculture (traitements sans récolte) et la voirie forestière.

Mots-clés : éco-efficacité, zonage fonctionnel, Triade, analyse coûts-avantages, aménagement forestier, calcul de possibilité.

## ABSTRACT

This study incorporates the concept of eco-efficiency (the efficiency of the production of goods and services that meet human needs while progressively reducing ecological impacts) to forest management, through an evaluation of different land management scenarios (traditional forest management strategies and other land-use zoning strategies). Until now, the concept of eco-efficiency has not yet been applied to forest management activities. Our objective was to assess whether functional Triad-type zoning is an eco-efficient option, due to innovations and proposed changes in forest management practices versus those conducted in the traditional way where the entire territory is managed in more or less the same way. A cost-benefit analysis was used to determine the economic and environmental efficiency of the strategies. This analysis is based on a comparison of four scenarios: three from the triad approach, comprised of different percentages of forest area allotted to each type of management (conservation, ecosystem management and forestry production), and one which represents conventional management, not taking into account the establishment of conservation areas nor high-yield plantations (tree farming). The costs of forest management as well as forestry road networks were assessed. We conducted the analysis on an 80-year time scale divided into five-year periods. The study area is UAF 042-51 which is located in Mauricie, Québec. Our results suggest that the most eco-efficient zoning strategy of forest management is the following: 11% in conservation, 69% in ecosystem management and 20% in forestry production, because it provides the best results to meet the needs of the industry and to maintain the forest ecosystem, due to the balance provided by the percentages of areas assigned to each of these areas. The triad scenarios produce as much timber as the traditional management strategy at a lower cost because they are more efficient in two major aspects: silviculture (treatments without harvest) and forestry road networks.

Keywords: eco-efficiency, functional zoning, Triad, cost-benefit analysis, forest management, allowable cut.

*À ma mère*

## INTRODUCTION

### Contexte et problématique

Au Canada, la forêt boréale couvre approximativement 40 % du territoire, ce qui représente 10 % de la forêt au niveau mondial (Conseil Canadien des Aires Écologiques (CCAÉ), 2002 *dans* Burton et al., 2003). Avec près de 300 millions d'hectares de forêts et 92 millions d'hectares de terres boisées, ce pays possède la troisième plus grande superficie de terrains forestiers de tous les pays.

Dans le monde, l'exploitation des ressources naturelles constitue un des premiers secteurs d'activité économique. Celle-ci comprend l'ensemble des activités de production et de consommation de biens d'une collectivité (Jobidon et Saint-Amand, 1986). Environ la moitié des forêts du territoire canadien font l'objet d'un aménagement forestier, faisant ainsi de cette ressource un élément d'importance au niveau économique pour le pays; en 2000, le secteur forestier a contribué à 2,3 % (ou 20,8 milliards de dollars) du PIB; dans la même année, ce secteur fournissait 373 300 emplois directs. En 2004, les produits forestiers ont largement contribué à la balance commerciale du Canada (34,5 milliards de dollars). Ce sont les produits qui rapportent le plus, après les produits d'énergie, au solde commercial net excédentaire du pays (c'est-à-dire que celui-ci exporte davantage qu'il n'importe) (Canada, Ressources naturelles, 2004). Ces retombées économiques ont une grande incidence dans les régions et pour la société en général. Nonobstant l'importance économique de la forêt pour le pays, au niveau environnemental, elle constitue un facteur important en ce qui concerne les écosystèmes naturels et la biodiversité des espèces fauniques et végétales. La forêt est aussi liée à plusieurs éléments socioculturels : les communautés qui habitent autour ou à l'intérieur de cet écosystème créent des liens représentés par différents facteurs ayant une incidence sur l'individu, comme sa vision du monde, ses valeurs et intérêts, ses systèmes de connaissances et sa façon

d'effectuer des activités (Bertrand et Valois, 1992 *dans* Lathoud, 2005; Berninger, Kneeshaw et Messier, 2009). C'est le cas, par exemple, des communautés qui habitent au nord du pays et des communautés autochtones.

Cependant, l'intensification des activités et de l'utilisation du territoire a amplifié dans les dernières décennies les problématiques liées aux multiples enjeux écologiques, sociaux, économiques et culturels de l'aménagement forestier. Parmi les préoccupations qui surgissent dans l'aménagement forestier au Canada, nous trouvons le maintien de la biodiversité et des processus écologiques, les droits ancestraux de peuples autochtones, l'augmentation des coûts en approvisionnement des usines et le maintien de la compétitivité de l'industrie forestière face aux marchés internationaux, l'augmentation de la concurrence commerciale mondiale, la croissance des activités économiques du milieu forestier autres que l'industrie forestière (pourvoies, écotourisme, produits forestiers non ligneux, etc.) et l'occupation du territoire par de multiples utilisateurs (Gauthier et al. 2008). L'augmentation de la demande en ressources forestières a influencé le maintien des fonctions écologiques des forêts et la capacité à fournir de manière soutenue les produits demandés par les divers utilisateurs (Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 2004). Cette problématique socioéconomique et environnementale ne se présente pas seulement au Canada, mais partout dans le monde. L'idée d'optimiser l'utilisation des ressources et de diminuer ses effets sur l'environnement par la mise en place de stratégies d'aménagement durable est devenue un besoin fondamental pour procurer un soutien à l'écosystème forestier et assurer la continuité des activités sur le territoire.

L'industrie forestière canadienne a commencé à se diriger vers l'aménagement forestier durable dans les dernières décennies. La durabilité de toutes les valeurs de la forêt est apparue comme un paradigme dominant pour les gestionnaires des forêts dans les années 1990 (CCAÉ, 2002 *dans* Burton et al., 2003). La gestion et l'utilisation des terres publiques ont commencé à s'articuler autour de trois principes centraux : 1) la récolte à perpétuité d'un volume de bois sans la diminution de la



capacité productive du milieu forestier; 2) le maintien de la diversité biologique au moyen de la protection de l'ensemble des ressources du milieu forestier; et 3) la compatibilité des activités exercées sur le territoire (Québec, Ressources naturelles de la Faune et des parcs, 2003). La possibilité annuelle de coupe à rendement soutenu ou possibilité forestière a constitué la base de l'élaboration ou de la planification des stratégies d'aménagement du territoire. La possibilité forestière fait référence au volume maximum de récoltes annuelles pouvant être prélevé dans une unité d'aménagement sans diminuer la capacité productive du milieu forestier. La possibilité forestière représente aussi le niveau de récolte permettant d'en maintenir le potentiel tout au long de l'horizon de planification (150 ans au Québec) (Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 2004). Pour estimer la possibilité forestière, le calcul de la possibilité annuelle de coupe, aussi appelée calcul de la possibilité ligneuse, est employée. Cette méthode permet de simuler l'évolution de la forêt en tenant compte des caractéristiques biophysiques des aires forestières, de la composition de chacun des peuplements présents sur le territoire et des effets escomptés des stratégies d'aménagement.

La stratégie d'aménagement la plus répandue pratiquée durant les dernières décennies au Canada, que nous appellerons ici stratégie d'aménagement traditionnelle, a évolué d'une stratégie de nature commerciale basée sur la réalisation de coupes totales, où aucun type de tige n'était protégée et où la machinerie circulait sur l'ensemble du parterre d'exploitation, présentant une régénération souvent déficiente, vers l'utilisation de traitements dits prioritaires, tels que la coupe avec protection de la régénération et des sols, les éclaircies précommerciales, la plantation pour la production prioritaire de résineux ainsi que les coupes de jardinage (Québec, Ressources naturelles de la Faune et des parcs, 2003). Cependant, et ce malgré les multiples efforts réalisés pour adapter l'aménagement forestier au concept de la gestion durable des forêts, plusieurs autres problématiques se sont présentées. Une de ces problématiques est l'approvisionnement en bois. Messier, Bingué et Bernier (2002) ont signalé que la possibilité de coupe était déjà atteinte dans de nombreuses parties du pays, et que, malgré les opérations de reboisement annuel

réalisées dans toutes les provinces, de graves pénuries de bois seraient prévues dans les 25 prochaines années. Cette situation critique était due à la pression croissante exercée par la société pour accroître les aires protégées, pour modifier les pratiques forestières afin de protéger la biodiversité, et pour maintenir davantage de forêts anciennes dans les forêts gérées pour la production de bois (Messier, Bingué et Bernier, 2002). Les gens ont commencé à s'informer plus qu'auparavant des conséquences de l'aménagement forestier sur les écosystèmes (Volpé, 2007). Des multiples questions liées à la façon dont les gestionnaires forestiers et le gouvernement aménageaient la forêt ont été posées par le public. Ces questions étaient liées à la quantité de bois coupé, aux stratégies d'aménagement et aux traitements sylvicoles réalisés (comme la coupe à blanc), et aux dommages que les activités forestières pouvaient engendrer sur l'environnement. L'une des questions cruciales soulevées concernait la biodiversité, non seulement des réserves, mais implicitement, des forêts aménagées (Bengtsson et al., 2000; Lindenmayer et Franklin, 2002 *dans* Rosenvald et Lõhmus, 2007). Un sondage réalisé à l'échelle nationale dans les années 1990 a trouvé que 75% des Canadiens étaient d'accord ou fortement d'accord avec l'affirmation que la coupe à blanc avait des effets négatifs sur l'environnement, et 95% étaient d'accord ou fortement d'accord que la forêt devrait être gérée pour assurer la santé de toutes les populations d'espèces sauvages d'animaux, d'arbres, et d'autres plantes (Robinson et Hawley, 1997, *dans* Burton et al., 2003).

Cette perception de la société canadienne combinée à la pression exercée par cette dernière a forcé des changements importants dans l'aménagement forestier, à travers des initiatives pour développer la science dans le domaine de la gestion de la forêt et dans la recherche des options et pratiques qui contribuent à la conservation de la biodiversité et à la durabilité des écosystèmes. Cette situation a motivé et continue à motiver dans l'actualité les sociétés forestières à gérer les écosystèmes d'une façon coopérative et participative avec d'autres intervenants du territoire pour créer de meilleures pratiques de gestion, des réglementations et des initiatives économiques (Brody et al., 2006). Au fil des ans, les entreprises forestières ont consacré leurs

efforts à modifier les pratiques forestières pour qu'elles deviennent durables (Messier et Kneeshaw, 1999). Franklin a affirmé qu'il ne suffisait pas de modifier légèrement les techniques de coupe traditionnelles, mais que l'objectif de la foresterie devrait être de préserver la biodiversité tout en conservant la viabilité économique (Franklin et al., 1997, *dans* Rosenthal et Löhman, 2007), donc il fallait passer d'un aménagement forestier avec des considérations à l'échelle du peuplement vers un aménagement forestier à l'échelle du paysage (Bergeron et al., 1999; Gauthier et al., 2001).

Dans ce contexte, les écologistes ont suggéré que les systèmes de récolte du bois soient conçus en imitant les régimes de perturbations naturelles, tels que les incendies et les chablis, étant donné que les organismes ont su s'adapter à ces régimes dans les écosystèmes forestiers (Hunter, 1993). La gestion forestière devrait être perçue comme une perturbation ayant des effets à peu près semblables à ceux d'origine naturelle (Bergeron et al., 1999).

Dans la recherche d'un aménagement forestier qui soit écologiquement efficace, économiquement rentable et socialement acceptable (Burger, 2009), le monde scientifique a proposé le zonage fonctionnel comme option d'aménagement du territoire. Il constitue donc une structure d'aménagement qui divise le territoire en fonction d'objectifs ponctuels (Boyland, Nelson et Bunnell, 2004). Le concept de la Triade est basé sur le zonage fonctionnel (Seymour et Hunter, 1992) et propose une division du territoire en trois zones distinctes ayant des objectifs spécifiques d'aménagement : la zone de conservation, la zone d'aménagement écosystémique et la zone de production forestière (chacune de ces zones sera décrite dans le chapitre de la revue de la littérature). Les stratégies d'aménagement de chacune de ces trois zones sont interdépendantes et se justifient mutuellement, puisqu'elles réalisent ensemble un grand nombre d'objectifs (PGAF 2008-2013; Messier et Kneeshaw, 1999; Messier, Bingué et Bernier, 2002).

## Éco-efficacité des stratégies d'aménagement forestier

Le concept de la Triade propose une stratégie d'aménagement du territoire qui vise à intégrer les multiples valeurs écologiques, sociales et économiques des forêts. Cependant, le fait d'implanter une nouvelle stratégie de gestion du territoire implique des investissements économiques et des efforts humains, d'où notre intérêt à évaluer si les avantages économiques et environnementaux obtenus avec la stratégie d'aménagement Triade dépassent les coûts de la mise en application, et si cette stratégie est une option d'investissement plus avantageuse que la stratégie d'aménagement traditionnelle. Nous nous sommes intéressés au concept de l'éco-efficacité, puisqu'il suppose une stratégie de gestion qui a pour but d'évaluer les activités des entreprises et d'améliorer leur performance économique en diminuant les répercussions sur l'environnement (Canada, Five winds international, 2000). Les fondements théoriques du concept de l'éco-efficacité indiquent qu'il y a un lien étroit entre la performance environnementale et les bénéfices économiques obtenus, grâce au fait que les innovations en production, en procédés et en pratiques engendrent une diminution des coûts, une moindre utilisation des ressources et une diminution des effets néfastes sur l'environnement (Canada, Five winds international, 2000). Le concept de l'éco-efficacité est généralement appliqué aux entreprises de fabrication. Cependant, ce concept n'a pas été utilisé jusqu'à présent dans l'évaluation des stratégies d'aménagement forestier.

Plusieurs études ont proposé différents pourcentages de territoire à allouer à chaque zone d'aménagement Triade en évaluant les effets de la distribution du territoire sur la biodiversité et sur différentes composantes forestières (Messier et Kneeshaw, 1999; Messier, Bingué et Bernier, 2002; Krcmar, Vertinsky et Kooten, 2003; Côté, 2007). Messier et Kneeshaw (1999) ont proposé neuf notions essentielles à la gestion durable des forêts, en incluant les zones Triade. Le scénario proposé alloue au moins 12 % du territoire aux aires protégées, 14 % à l'aménagement intensif et approximativement 70 % à l'aménagement des écosystèmes. En 2002, Messier, Bingué et Bernier, ont proposé que la forêt canadienne soit divisée de façon

à ce que le système de gestion fondé sur l'écosystème soit appliqué sur 74 % de la superficie forestière, la protection intégrale sur 12 % et la gestion intensive sur 14 %. En Colombie-Britannique, Krcmar, Vertinsky et Kooten (2003) ont développé un modèle basé sur huit scénarios (cinq scénarios Triade et trois scénarios avec une zone de conservation et une zone de production forestière), dont le but principal était de déterminer la grandeur minimale de la zone de production forestière, sa localisation et le calendrier qui pourrait compenser la perte de volume et des opportunités économiques produits par les zones de conservation. Les pourcentages alloués aux zones de conservation ont varié entre 8 %, 12 % et 15 %. Côté (2007) a réalisé son étude en Mauricie (Québec). L'objectif principal de cette dernière était d'approfondir les connaissances des effets à long terme de différentes combinaisons de zonage sur certains éléments forestiers et sur la récolte de la matière ligneuse. Dans cette étude, sept scénarios ont été évalués. Selon les pourcentages de territoire accordés aux secteurs du zonage, les résultats des études mentionnées ont mené à diverses conclusions, mais, de façon générale, ils indiquent que la Triade est une stratégie qui favorise l'aménagement durable de la forêt en réduisant les pressions sur la forêt publique. Cependant, ces études n'évaluent pas les bénéfices économiques provenant des volumes récoltés, ni la rentabilité économique de la stratégie d'aménagement du zonage fonctionnel.

Étant donné que le zonage fonctionnel a été largement étudié en termes écologiques et environnementaux, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'éco-efficacité de l'aménagement forestier dans le cadre de la Triade, afin d'élargir les connaissances sur la performance économique de cette stratégie, ce qui constitue la principale contribution scientifique de cette étude.

Nous avons comparé quatre scénarios créés pour répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que les pratiques plus écologiques d'aménagement du territoire proposées dans la stratégie Triade engendrent des réductions de coûts et la diminution de l'intensité de l'utilisation des ressources?
- Est-ce que le zonage est une stratégie d'aménagement aussi productive en termes de bois et en termes financiers que la stratégie d'aménagement traditionnelle?
- Comment la balance entre les zones assurera-t-elle la rencontre des objectifs de production et les valeurs écologiques ?

Pour la réalisation de l'évaluation de l'efficacité du zonage fonctionnel, nous avons effectué une comparaison entre la stratégie d'aménagement Triade et la stratégie d'aménagement traditionnelle. Trois scénarios Triade ont été créés avec différents pourcentages attribués à chaque zone d'aménagement : conservation, écosystémique et production forestière (ces scénarios sont décrits en détail dans la section méthodologie).

#### Objectifs de recherche

L'objectif général de cette étude est d'évaluer si la stratégie Triade est une option éco-efficace en fonction des innovations et des changements proposés dans les pratiques d'aménagement forestier réalisées de façon traditionnelle.

L'objectif général sous-tend l'atteinte de deux objectifs spécifiques :

- 1) Déterminer la possibilité d'implanter la stratégie Triade sans subir de pertes financières importantes en raison des réductions de superficies productives du territoire dues à la conservation, de possibles réductions de volume, et d'obtenir en même temps des gains financiers.

- 2) Déterminer si les scénarios Triade sont moins, autant ou plus coûteux en termes financiers que la stratégie d'aménagement traditionnelle.

### Organisation du mémoire

Ce mémoire touche principalement à deux aspects de la stratégie Triade liés par le concept de l'écoefficacité : l'aspect économique et l'aspect environnemental. Le chapitre 2 présente la revue de la littérature sur les concepts qui constituent la base de l'analyse effectuée dans le cadre de cette étude, tels que l'aménagement forestier durable, le zonage fonctionnel, l'écoefficacité, et les méthodes de calcul de la possibilité forestière. Les détails sur le déroulement de la collecte de données et sur la méthodologie employée pour la réalisation des analyses, ainsi que sur la description du territoire à l'étude, sont énoncés au chapitre 3. Le chapitre 4 présente les divers résultats de l'étude. Finalement, les avantages intangibles ou non marchands produits par les stratégies d'aménagement sont discutés au chapitre 5.

## CHAPITRE I REVUE DE LA LITTÉRATURE

### 1.1 Aménagement forestier durable

Les premiers efforts internationaux en vue de protéger, conserver et gérer les ressources naturelles remontent à la dernière décennie du XIX<sup>e</sup> siècle. À cette époque, les questions sur un possible changement global dû aux activités d'exploitation sont déjà posées (Blais, 1997). La conférence des Nations Unies sur l'environnement, réunie à Stockholm en 1972, marque le début de la prise de conscience au niveau mondial des dangers que court la biosphère, et incite par le fait même à la recherche des solutions aux problèmes de dégradation de l'environnement. Le plan d'action qui a accompagné la déclaration adoptée à Stockholm insiste sur la nécessité de continuer les études et la recherche sur l'environnement dans son état normal, les détériorations qu'il subit et les moyens de lutter contre celles-ci (Kiss, 1982). C'est à partir du rapport Brundtland (1983), publié sous le nom « Notre avenir à tous » et réalisé par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, que le concept de développement durable est énoncé comme un besoin fondamental pour assurer la continuité et la survie de l'humanité, menacée par les conséquences du développement industriel et par celui réalisé dans les 100 dernières années (Jacquard, 1991). Cette commission a défini le développement durable comme « un développement qui réponde aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». Mais c'est suite au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro (Conférence sur l'environnement et le développement, ONU 1992), que les trois dimensions du développement durable (développement économique, durabilité écologique et durabilité sociale) ont commencé à être inclus dans le domaine de la foresterie (Wolfslehner et Vacik, 2007). Des modèles d'aménagement forestier durable ont été élaborés de façon parallèle avec la création des concepts multisectoriels du développement durable



(Adamowicz et Burton, 2003). L'aménagement forestier durable a comme fondement de maintenir à long terme des écosystèmes forestiers. Ce concept tient compte des différentes valeurs de la forêt, des besoins et des droits de tous les utilisateurs d'essayer d'obtenir le meilleur équilibre entre les usages de cette ressource et l'écosystème.

Le concept de la durabilité (sur lequel se base l'aménagement forestier durable) a comme fondement trois composantes principales. La première implique l'équité pour toutes les générations futures, c'est-à-dire que les générations à venir auront un environnement qui n'est pas pire que celui dont on profite aujourd'hui. La deuxième met l'accent sur la richesse des biens et services environnementaux qui contribuent à notre bien-être et qui font partie de la richesse mondiale à l'intersection entre la société, la nature, et l'économie. La troisième soulève les inquiétudes liées à la perte irréversible des écosystèmes, des espèces, des cultures et des connaissances, et questionne la possibilité de changer ou de substituer ces éléments par d'autres (Adamowicz et Burton, 2003; Hebert et al., 2003).

Le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) a défini six critères qui permettent de mesurer les progrès accomplis par le Canada en matière d'aménagement durable des forêts : 1) Conservation de la diversité biologique; 2) Maintien de l'état et productivité des écosystèmes; 3) Conservation des sols et de l'eau; 4) Maintien de l'apport des écosystèmes forestiers aux grands cycles; 5) Maintien des avantages socioéconomiques multiples que les forêts procurent à la société, et 6) Prise en compte, dans le choix de développement, des valeurs et des besoins exprimés par les populations concernées. Ces critères représentent les valeurs forestières que les Canadiens veulent améliorer ou entretenir et qui constituent la base de multiples recherches visant à donner les fondements et connaissances scientifiques qui serviront à accomplir les objectifs de l'aménagement forestier durable (Canada, Conseil canadien des ministres de forêts, 1997). Cependant, au Canada et partout dans le monde, l'intégration de tous les éléments de la durabilité à l'aménagement forestier est un défi important à relever, puisqu'il concerne différents paliers : au

niveau des politiques internationales, en termes de fixation et de coordination des principes communs et des normes de gestion forestière; au niveau national avec l'adaptation et l'application de résolutions et avec la réalisation de rapports sur le progrès vers la durabilité; et au niveau de l'unité d'aménagement forestier, afin de répondre à l'évolution des demandes de la société (Wolfslehner et Vacik, 2007).

## 1.2 Zonage fonctionnel

Les forêts sont de plus en plus aménagées pour de multiples valeurs ou utilisations. Parmi ces valeurs, l'exploitation forestière et les services écologiques sont souvent en conflit. La combinaison de réserves protégées, de gestion du territoire à des fins de production de bois et de maintien de valeurs écologiques est vue comme une des meilleures options pour conserver la biodiversité. Plusieurs termes ont émergé pour appeler cette façon d'aménager le territoire : gestion intégrée, multi-gestion de l'utilisation forestière, et gestion des écosystèmes (Bowes et Krutilla, 1989). À la fin des années 1980, la communauté scientifique a commencé à s'intéresser au concept du zonage fonctionnel en tant que solution à la problématique d'aménagement du territoire. Le zonage fonctionnel est une technique d'aménagement qui est appliquée pour établir des unités de territoire pour des buts particuliers (Walther, 1986). Dans le cas de l'aménagement de la ressource forestière, le zonage fonctionnel vise à intégrer les différentes utilisations de la forêt pour l'ensemble du territoire. Des scientifiques affirment (Walther, 1986; Bos, 1991) que le zonage fonctionnel compte plusieurs avantages, les plus importants étant liés aux indications claires de gestion qu'il peut offrir. Ces auteurs indiquent que le zonage fonctionnel permet aussi de réduire la superficie de terres en conflits territoriaux grâce à l'établissement d'un ordre, et qu'il devient un moyen de communication avec le public puisqu'il est facile de faire apparaître clairement ce que les gestionnaires visent à réaliser dans un endroit particulier en matière de fonctions de la forêt. En 1992, il a été suggéré de diviser le territoire forestier en trois zones. C'est ainsi qu'est né le concept Triade (Seymour et Hunter, 1992). L'objectif principal de cette proposition est d'assurer le développement durable de la forêt en prenant en compte

les aspects écologique, social et économique, en essayant de maintenir l'équilibre entre la récolte et l'intégrité écologique. Pour atteindre cet objectif, les auteurs proposent d'établir dans le territoire forestier, 1) des aires protégées allouées à la conservation intégrale de l'écosystème, en tenant compte des pertes de matière ligneuse causées par la protection de portions de territoire, 2) des zones d'aménagement intensif pour compenser ces dernières et 3) des zones d'aménagement extensif où les traitements sylvicoles sont basés sur la dynamique naturelle des forêts.

### 1.3 Les zones d'aménagement Triade

#### 1.3.1 Zone de conservation

Au cours des dernières années, le nombre d'espèces en péril a augmenté de manière significative. Des écologistes comme Abbadie et Lateltin (2005) ont indiqué que la biodiversité qui habite dans les écosystèmes subit une crise globale causée principalement par le rythme accéléré des changements reliés à deux contraintes majeures. La première, c'est l'altération de la mobilité géographique des zones climatiques (des zones compatibles avec la vie de chaque espèce) en raison de la vitesse avec laquelle la température et les quantités de gaz à effet de serre ont augmenté. La deuxième, c'est la réduction et la fragmentation des surfaces habitables par les espèces, occasionnée par l'exploitation intensive des forêts et l'extension des surfaces utilisées par les villes (pour la culture, la création de routes, etc). Cette situation met en évidence le risque imminent de perte de la biodiversité, et c'est pourquoi la conservation de la nature est devenue un des objectifs primordiaux du soutien des écosystèmes (y compris l'écosystème forestier), et un thème de recherche interdisciplinaire au niveau mondial.

Historiquement, les êtres humains ont essayé de régulariser l'augmentation des impacts de leurs activités sur les ressources en créant des normes restrictives de conservation et de protection des espèces d'arbres et d'animaux. Ce n'est qu'entre les

années 1960 et 1970 que le terme en voie de disparition est apparu pour désigner les espèces à risque et plusieurs pays ont alors créé des lois pour protéger ces dernières des activités humaines. Une des mesures de protection, pas seulement des espèces, mais aussi des écosystèmes et des ressources naturelles qui y sont associées, a été la création des zones protégées. L'origine de ces zones remonte à 1872, avec la création du premier Parc national (Yellowstone, aux États-Unis), où 9018 km<sup>2</sup> ont été enlevés du développement économique traditionnel (Hunter, 2002). Au cours des années, l'idée de créer des Parcs nationaux à des fins de conservation s'est répandue dans le monde; chaque parc s'est vu attribuer des normes et des limites de protection différentes, mais, de façon générale, la conservation de l'intégrité écologique du territoire désigné a été respectée (Hunter, 2002). Plusieurs auteurs affirment que les parcs et les réserves permettent la protection de quelques éléments de la biodiversité et contribuent à la conservation de la nature, mais que ces zones ne sont pas suffisantes pour protéger l'intégrité de la biodiversité, puisqu'au niveau du paysage, ils sont entourés de l'exploitation des multiples ressources (Sanderson et al., 2002; Redford et Richter, 1999). L'instauration des aires protégées est une mesure prise au Canada et dans plusieurs pays. À l'échelle mondiale, on compte 12 % de territoires érigés en aires protégées (Brassard, 2008). Il existe un débat sur le pourcentage à atteindre au Canada, et les opinions sont divisées. Pour certains intervenants, la cible de 8 % du territoire est suffisante, tandis que d'autres allèguent que ce n'est qu'un minimum et qu'il faut préserver un pourcentage plus élevé du territoire (Brassard, 2008). Soit au niveau mondial ou au Canada, les personnes qui sont en désaccord considèrent que les pourcentages mentionnés sont des décisions politiques qui ne prennent pas vraiment en compte l'aspect écologique. Les aires protégées sont définies comme étant : « Un territoire, en milieu terrestre ou aquatique, géographiquement délimité, dont l'encadrement juridique et l'administration visent spécifiquement à assurer la protection et le maintien de la diversité biologique et des ressources naturelles et culturelles associées »<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Institut canadien d'information juridique. Conservation du patrimoine naturel. 2006. Loi sur la conservation du patrimoine naturel, L.R.Q., chapitre C61.01. En ligne. <http://www.canlii.org/qc/legis/loi/c-61.01/20050211/tout.html>. Consulté le 2 janvier 2008.

Dans le contexte de la Triade, les zones de conservation sont instaurées afin de maintenir la qualité du paysage et l'intégrité écologique, c'est-à-dire la continuité de tous les patrons, de toutes les fonctions et de tous les processus responsables de la diversité et de la résilience écologique (Abbadie et Lateltin, 2005). Ces zones ont aussi comme objectif de réserver un territoire témoin de l'évolution naturelle de la forêt, puisque les écosystèmes dits « naturels » sont d'excellents modèles d'étude, car ils sont optimaux en termes d'adéquation avec les contraintes imposées par le climat, le sous-sol, l'histoire de la biodiversité, et parce qu'ils sont aussi durables, résilients et efficaces (Abbadie et Lateltin, 2005). Dans ces zones, toute activité d'exploitation qui pourrait engendrer des perturbations considérables à l'écosystème forestier, comme l'exploitation forestière, minière, gazière, pétrolière, la production d'énergie, des travaux de construction, le développement de villégiature d'envergure, etc. serait exclue.

### 1.3.2 Zone d'aménagement écosystémique

La recherche forestière est devenue un élément fondamental dans le développement des stratégies qui tiennent compte des valeurs écologiques, économiques et sociales. Une grande partie des études se sont concentrées sur l'analyse des perturbations naturelles et sur comment celles-ci pourraient contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique des écosystèmes pour développer des pratiques qui conservent la biodiversité et la viabilité des valeurs non ligneuses (Burton et al., 2003; Wei, Kimmins et Zhou, 2003). Durant les deux dernières décennies, le concept de la variabilité naturelle ou historique est utilisé comme base pour la création des modèles de l'aménagement forestier. La variabilité naturelle s'appuie sur le principe du filtre brut ; selon ce principe, la flore et la faune se sont adaptées à la gamme de variations créées par les perturbations, de sorte que reproduire ces variations peut fournir une forte probabilité d'obtenir des conditions favorables pour la plupart des espèces (Hunter, Jacobson et Webb, 1988; Wei, Kimmins et Zhou, 2003). De cette façon, la variabilité naturelle est un outil de l'aménagement forestier, qui prend en compte les connaissances sur les conditions ou

les variations produites lors des perturbations naturelles dans lesquelles les espèces ont évolué, pour conserver les fonctions des écosystèmes et la diversité biologique. L'idée centrale de ce concept est que les systèmes de récolte devraient être conçus pour imiter les régimes de perturbations naturelles, comme le feu, le chablis, les épidémies d'insectes, et aussi par les changements produits au cours de ces perturbations dans la structure et la composition des peuplements (Hunter, 1993; Wei, Kimmins et Zhou, 2003). L'objectif n'est pas de copier la dynamique naturelle de l'écosystème dans ses moindres détails, mais plutôt de tenter de minimiser les impacts pouvant affecter cette dynamique et en même temps de diminuer les écarts entre la composition et la structure d'un système naturel et une forêt aménagée (Côté, 2007).

Hunter (1993) a noté que les régimes de perturbation peuvent servir de modèle pour la planification des systèmes sylvicoles en trois aspects principaux: 1) la fréquence de la récolte peut être établie à partir de la périodicité des régimes de perturbation; 2) la taille de l'ouverture créée par la coupe et sa répartition sur le paysage pourraient être basées sur les schémas de l'ouverture créée par le feu, le vent et la chute individuelle des arbres, et 3) la matière organique résiduelle est laissée sur le lieu de la récolte comme après une perturbation naturelle (bois mort, chicots, arbres vivants). L'aménagement écosystémique est une approche d'aménagement forestier basé sur les perturbations naturelles. C'est un aménagement qui reflète les milieux naturels et essaie de maintenir la biodiversité et les fonctions essentielles des écosystèmes forestiers (Bergeron et al., 1999). Depuis des années, la communauté scientifique fait des efforts pour développer ce concept en vertu du postulat que, ne pouvant pas connaître l'ensemble de la biodiversité, il demeure possible d'en protéger une large proportion à l'extérieur des zones de conservation en créant une gamme de niches écologiques inspirée de ce que la nature a créé par les perturbations, au fil du temps.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Bureau du forestier en Chef. Aménagement écosystémique. En ligne : <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/document/fiche-ecosystemique.pdf>. Consulté le 8 décembre 2007.

Dans le contexte de l'aménagement écosystémique, le maintien des caractéristiques comme la classe d'âge et la composition durant l'aménagement forestier, vise à assurer en tout temps une diversité de peuplements et d'habitats similaire à ce qui est observé dans les mosaïques naturelles (Gauthier et al., 2001). L'aménagement écosystémique cherche à maintenir l'intégrité écologique des écosystèmes forestiers par la réalisation de différentes procédures sylvicoles, où un certain niveau de récolte de bois est permis, mais où un nombre relativement élevé d'arbres sur pied, de chicots et de bois mort est conservé après la coupe (Messier, Bingué et Bernier, 2002).

L'aménagement forestier écosystémique est défini comme suit : « approche d'aménagement qui vise à maintenir des écosystèmes sains et résilients en misant sur une diminution des écarts entre les paysages naturels et ceux qui sont aménagés afin d'assurer, à long terme, le maintien des multiples fonctions de l'écosystème et par conséquent, de conserver les bénéfices sociaux et économiques que l'on en retire » (Gauthier et al., 2008). La commission d'étude de la forêt québécoise (2004) a remarqué un point important de l'aménagement écosystémique, c'est qu'il doit être adaptatif et fortement appuyé par la recherche où la compréhension des écosystèmes est le point focal, puisque les connaissances sur les composantes des écosystèmes, leurs fonctionnements et leurs interrelations avec les autres systèmes seront toujours imparfaites et en constante évolution (Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 2004). Le processus de gestion adaptative nécessaire à l'aménagement écosystémique se compose de trois activités : la planification, la mise en œuvre et le suivi. La planification consiste à décider quoi faire; la mise en œuvre concerne la façon de procéder et le suivi évalue si l'état du système de gestion se rapproche de l'objectif à atteindre (Rauscher et al., 2000). La zone d'aménagement écosystémique vient modifier la manière de faire en foresterie, car elle intègre trois grandes vocations : maintenir la biodiversité et l'intégrité écologique de l'écosystème, satisfaire les besoins sociaux et maintenir une certaine production ligneuse (Beaulieu, Boudreau et Laberge, 2009).

### 1.3.3 La zone de production forestière

L'objectif principal de cette zone est d'aménager la forêt à des fins de production ligneuse et d'utiliser pleinement le potentiel des terrains forestiers. Au sein de cette zone, on trouve deux catégories d'aménagement : l'aménagement intensif, où les techniques forestières intensives traditionnelles sont appliquées pour accroître la production de bois (Messier, Bingué et Bernier, 2002), et l'aménagement super intensif, où la ligniculture ou culture d'essences à croissance rapide est réalisée. Le but principal de l'allocation de petites portions du territoire à la ligniculture est d'aider à combler le manque de matière ligneuse qui pourrait se produire à cause des zones de conservation et les diminutions de productivité dans la zone écosystémique (Messier et Kneeshaw, 1999; Messier, Bingué et Bernier, 2002; Bigué, 2004). Cette zone est aussi instaurée pour répondre à la hausse de la demande de bois au cours des dernières années, grâce au taux élevé du rendement des essences à croissance rapide, comparativement aux essences utilisées pour le reboisement, comme l'épinette noire (Arano et Munn, 2006). Les principales essences à croissance rapide considérées au Québec sont les peupliers et les mélèzes hybrides, l'épinette blanche génétiquement améliorée et l'épinette de Norvège (Bigué, 2004). Les rendements de ces essences varient selon les sites où elles sont plantées et les stratégies d'aménagement accordées. Généralement, le taux de rendement des plantations se situe entre 10 et 40 m<sup>3</sup>/ha/année sur des sites productifs ou lorsqu'ils sont irrigués (Oliver, 1999; Bigué, 2004).

Plusieurs avantages socio-économiques sont associés à l'implantation de la ligniculture dans le cadre de la Triade : augmentation des aires protégées, amélioration de la qualité du paysage, création d'habitats fauniques, fréquentation par diverses espèces d'oiseaux, séquestration de CO<sub>2</sub>, production d'oxygène, et plus encore (Bigué, 2004). La zone de production forestière peut aussi servir à atteindre certains objectifs écologiques bien particuliers; par exemple, dans le cas de la Mauricie, cette zone peut servir à augmenter la proportion de peuplements résineux



qui font grandement défaut sur ce territoire, favorisant ainsi certains types d'habitat fauniques (Beaulieu, Boudreau et Laberge, 2009).

#### 1.4 Éco-efficacité (Concept)

La conciliation des objectifs économiques et écologiques est devenue l'une des plus grandes préoccupations au niveau mondial. L'accélération du rythme de consommation et ses conséquences environnementales ont engendré une réflexion et des questionnements. Comment continuer à produire de façon efficace et, en même temps, avoir de bons résultats économiques, tout en diminuant les impacts négatifs des activités de production sur l'environnement? Apparu dans les années 1990, le concept de l'éco-efficacité devient une possibilité d'intégrer ces éléments dans les processus de production des entreprises. Ce concept est un sous-ensemble du développement durable. L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) définit l'éco-efficacité comme étant « l'efficacité avec laquelle on utilise des ressources environnementales pour satisfaire des besoins humains », mais la définition la plus répandue est celle du World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) selon laquelle l'éco-efficacité consiste à « livrer des biens et services concurrentiels qui répondent aux besoins humains et sont garants de la qualité de vie, tout en réduisant progressivement les impacts écologiques et l'intensité de ressources des produits pendant leur cycle de vie, jusqu'à un niveau qui soit au moins compatible avec la capacité estimée de la terre ». (Canada, 2000 ; Willison et Côté, 2009).

L'éco-efficacité est un processus de contrôle de la gestion visant à réduire tant l'intensité des opérations de production sur l'environnement que les coûts, en créant la valeur ajoutée (Huppes et Ishikawa, 2005; Sinkin, Wright et Burnett, 2008). Le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) indique qu'« Un élément principal de l'éco-efficacité, c'est qu'elle met en valeur le concept d'affaires, de création de valeur et qu'elle le relie à des préoccupations environnementales. L'objectif est de créer de la valeur pour la société, et pour l'entreprise, en faisant plus

avec moins durant le cycle de vie » (Canada, 2001). Les entreprises qui adoptent des stratégies de production éco-efficaces et qui, par conséquent, réduisent leurs coûts et augmentent leurs profits, sont davantage appréciées sur le marché croissant des produits verts (Sinkin, Wright et Burnett, 2008 ; Canada, 2001). Ce concept s'appuie sur les notions actuelles de production plus propre et peut s'appliquer à tous les biens ou services au sein de tout secteur.<sup>3</sup> En réalité, les entreprises investissent davantage dans l'évaluation et dans la réduction de l'impact environnemental de leurs produits et services en créant des plans de gestion environnementaux (Frota et al., 2009). Par exemple, IBM favorise la récupération, le recyclage, la rénovation et la réutilisation de ses ordinateurs (Fleischmann et al., 2003 *dans* Frota et al., 2009). L'éco-efficacité est décrite par des auteurs comme l'approche la plus analytique et quantitative pour les affaires des entreprises intéressées par des pratiques qui contribuent au développement durable (Willison et Côté, 2009).

Le WBCSD a identifié les sept éléments qui déterminent l'éco-efficacité : 1) une réduction de la demande de matières pour les produits et services; 2) une réduction de l'intensité énergétique pour les produits et services; 3) une réduction de la dispersion des substances toxiques; 4) une augmentation du recyclage des matières; 5) la maximisation de l'utilisation durable des ressources renouvelables; 6) une augmentation de la durabilité des produits ; 7) une augmentation de l'intensité du service des biens et services. Ces éléments forment l'encadrement général de l'éco-efficacité. Afin que les entreprises arrivent à bien adapter ce concept, elles doivent mesurer et surveiller leur performance de manière à fixer des objectifs en vue de l'améliorer et de la quantifier. Pour ce faire, il est nécessaire d'utiliser des indicateurs (Canada, 2001). Au niveau des entreprises, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) et le WBCSD ont conçu des indicateurs de base semblables, qui répondent aux trois premiers éléments d'éco-efficacité mentionnés : le taux de consommation de matériaux, l'intensité énergétique, le taux de production de déchets et la dispersion des polluants. La TRNEE remarque que ces

<sup>3</sup> Environnement Canada. Programme d'eco-efficacité de l'OCDE. 2003. En ligne : <http://www.ic.gc.ca/eic/site/csr-rse.nsf/fra/rs00570.html>. Consulté le 12 décembre 2007.

indicateurs peuvent être utilisés par les entreprises comme une façon, mais pas la seule, de s'améliorer elles-mêmes et d'améliorer l'environnement (Canada, 2000). Cependant, le WBCSD reconnaît la nécessité d'élaborer d'autres indicateurs afin de tenir compte des impacts écologiques des perturbations environnementales et de la perte de biodiversité, qui ne sont pas suffisamment évalués par les indicateurs de base décrits ci-dessus (Canada, 2000; Willison et Côté, 2009). En pratique, le cadre théorique de l'éco-efficacité a été conçu en vue de diminuer les impacts environnementaux des procédés de production à l'intérieur des industries de fabrication, sans prendre en considération les impacts des activités des industries d'exploitation de ressources naturelles ou de matières premières et, en conséquence, la possibilité d'améliorer leurs performances environnementales afin de préserver la productivité des écosystèmes (Willison et Côté, 2009). Dans le cas concret de cette étude, les sept éléments ainsi que les critères décrits ne sont pas totalement applicables, puisqu'ils n'évaluent pas l'efficacité des opérations ou des activités d'aménagement forestier à l'égard des répercussions directes sur la forêt (Sinkin, Wright et Burnett, 2008; Willison et Côté, 2009; Canada, 2000).

Dans l'évaluation de la performance environnementale des industries d'exploitation de ressources naturelles, la perte de la biodiversité a été considérée comme un indicateur de l'éco-efficacité des activités réalisées (Willison et Côté, 2009). Willison et Côté (2009) signalent que toute ressource naturelle vivante est une composante de la biodiversité, et qu'en fonction du concept de l'éco-efficacité, il n'y a pas de perte de la biodiversité si la ressource est utilisée avec l'efficacité optimale.

### 1.5 Calcul de la possibilité forestière

Le calcul de la possibilité forestière d'un territoire constitue une étape importante dans la gestion des forêts. Au Québec, ce sont les résultats de ce calcul pour chacune des aires communes qui déterminent les volumes maximaux que les bénéficiaires des contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF) sont autorisés à récolter (Volpé, 2007). Cette quantité maximale peut varier avec

l'intensité de l'aménagement pratiqué (Bérard, 1996). Tout calcul de possibilité doit prendre en compte les buts de l'aménagement, les marchés des différentes essences, leurs exigences sylvicoles, ainsi que les contraintes de récolte et celles reliées au respect des autres ressources de la forêt (Bérard, 1996).

Le rendement soutenu est traditionnellement à la base des calculs de possibilité : il signifie une production régulière de la forêt d'année en année par essence ou groupe d'essences exprimée sur la base de ce qui peut être récolté en moyenne par hectare dans une aire destinée à la production forestière, en tenant compte de la distribution des peuplements par classe d'âge, des techniques sylvicoles qui peuvent s'y appliquer et des caractéristiques biophysiques de la zone (Québec, MRNF, 2003). Le calcul de la possibilité annuelle de coupe porte sur les superficies où la production forestière est permise ou prioritaire dans les unités d'aménagement forestier.

Les données qui proviennent des inventaires forestiers effectués par échantillonnage en forêt sont utilisées pour la réalisation du calcul de la possibilité. Ces inventaires permettent de connaître la composition, la structure et le volume du bois présent en forêt et aussi d'évaluer la croissance, la mortalité et la régénération des peuplements. Ces inventaires sont mis à jour avant de réaliser les calculs, afin d'intégrer les informations les plus récentes sur les feux, les épidémies et les interventions forestières, entre autres (Bureau du forestier en Chef, 2009).

#### 1.6 Logiciels de simulation utilisés pour la réalisation des calculs de la possibilité forestière

Les modèles de simulation visent non seulement à calculer de façon plus précise la possibilité de récolte annuelle, mais aussi à permettre la planification de l'aménagement forestier. Pour ce faire, ces modèles s'appuient sur une évaluation future de la croissance et du rendement d'une forêt, qu'elle soit aménagée intensivement ou non (Bérard, 1996).

Dans le cadre de ce mémoire, nous décrivons uniquement les logiciels de simulation qui ont été utilisés dans la réalisation des calculs de possibilité des stratégies comparées, c'est-à-dire Sylva II, employé dans la stratégie d'aménagement forestier traditionnellement réalisée au Québec, et Woodstock-Stanley, utilisé dans la stratégie d'aménagement Triade.

### 1.6.1 Sylva II

Le modèle de simulation Sylva II, utilisé dans les dernières décennies pour les calculs officiels de possibilité en forêt publique au Québec, est avant tout un outil de planification qui permet de simuler, de compiler et d'illustrer divers scénarios d'aménagement forestier, qui sont confrontés entre eux pour offrir un choix d'opportunités d'aménagement forestier. Sylva II est surtout destiné à permettre une planification à l'échelle régionale (Bérard, 1996).

De façon générale, deux systèmes d'aménagement sont pratiqués au Québec : le système **équien** et le système **inéquien**. Les principaux critères qui permettent de discriminer ces deux systèmes sont les exigences écologiques de l'essence recherchée, particulièrement en fonction de la tolérance à l'ombre, de la structure du peuplement, de l'âge du peuplement, et des caractéristiques dendrométriques des tiges (Québec, MRNF, 2003). Dans les peuplements qualifiés d'**équiens**, tous les arbres commencent à croître pratiquement en même temps. Cette cohorte de tiges évolue dans le temps jusqu'à son remplacement. Le nombre de tiges diminue continuellement avec l'âge à cause de la mortalité. L'évaluation de la croissance des peuplements équiennes repose sur l'utilisation de courbes de production qui projettent les volumes marchands bruts à l'hectare en fonction de l'âge, de l'indice de qualité de station, de la composition et de la densité des peuplements. Dans le second système, dit **inéquien**, les arbres sont d'âge et de diamètres variés et comportent souvent plusieurs essences en mélange. L'évaluation de la croissance des peuplements

inéquiennes repose sur l'utilisation de taux de croissance par arbre et par essence groupés par classe de diamètre (Québec, MRNF, 2003).

Les informations intégrées au Sylva II sont traitées avec deux méthodes ou modèles distincts de croissance qui permettent de modéliser l'évolution du territoire forestier (Volpé, 2007). Pour la forêt de structure équiennne, la méthode des équations de conservation (modèle par courbes) est utilisée. Il s'agit d'un système d'équations visant à obtenir la possibilité maximale, en s'assurant qu'il n'y ait jamais de rupture de stock au cours de l'horizon de calcul; l'histogramme réalisé par le logiciel présente le **volume récoltable** périodiquement. La majorité des outils de planification stratégique au Canada utilisent les modèles de croissance par courbes (Doyon, 2003 *dans* Volpé, 2007). Pour la forêt de structure inéquiennne, une méthode combinant deux approches, par aire et par volume (modèle par taux), est employée. Dans cette méthode, le forestier tente de stabiliser la production de matière ligneuse et de régulariser à la fois les superficies de récolte et les superficies en régénération (Bérard, 1996), dans le modèle par taux, l'histogramme que le logiciel produit présente le **volume récolté** périodiquement. Le modèle par taux est peu précis pour prédire les conditions au-delà d'un horizon de planification de 20 ans (Lessard et al., 1999 *dans* Volpé, 2007). D'ailleurs, la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise a mis en évidence la déficience que le modèle par taux présent dans le calcul de possibilité forestière. Une des recommandations formulées dans le rapport de la Commission (appelé la Commission Coulombe) a été que « le module de croissance de passage utilisé pour le calcul de la possibilité ligneuse dans les peuplements sous aménagement inéquiennne soit remplacé par un outil qui inclut les dimensions d'accessibilité de la matière ligneuse, dans l'espace et dans le temps, et qui est plus cohérent avec la précision obtenue à partir des données d'inventaire forestier ».

Sylva II permet de projeter dans le temps la récolte, la croissance des forêts et le rendement escompté des traitements sylvicoles. Les calculs sont effectués par période de cinq ans sur un horizon de 150 ans. Pour déterminer la possibilité

forestière d'une unité d'aménagement forestier, la possibilité des différents types de peuplements, répartis en groupes de calcul distincts, est cumulée. Pour déterminer la possibilité forestière d'un groupe de calcul, Sylva II retient le volume maximal de récolte qui peut être maintenu durant chaque période de cinq ans sur tout l'horizon de simulation (150 ans) (Bureau du forestière en Chef, 2008). Cependant, ce logiciel est basé sur la conception du rendement soutenu qui ne considère que la constance de la récolte de la matière ligneuse (Bérard, 1996), et ne permet pas de tenir en compte des contraintes spatio-temporelles associées au territoire forestier (Bureau du forestière en Chef, 2008; Volpé, 2007; Bérard, 1996; Forget, Doyon et Bouffard, 2006; Québec, MRNF, 2003).

Le Québec était la seule province au Canada qui n'utilisait pas un logiciel de calcul de la possibilité forestière spatialement explicite. Les contraintes spatiales comme la disponibilité des volumes et leur accessibilité ne pouvaient être prises en considération en utilisant Sylva II. Par conséquent, la possibilité forestière évaluée était surestimée puisque ces endroits difficiles d'accès sont souvent économiquement non rentables à récolter (Doyon, 2003 *dans* Volpé, 2007).

#### 1.6.2 Woodstock / Stanley (Système de planification spatiale de Remsoft)

Le système de planification spatial de Remsoft effectue une grande variété d'analyses stratégiques et d'optimisation de l'information pour permettre à l'utilisateur de faire les meilleurs choix de gestion des territoires. Le système est composé de deux produits distincts, mais complémentaires, qui travaillent ensemble comme une seule fonction : Spatial Woodstock et Stanley. Spatial Woodstock (réalisant la première étape) est un logiciel de modélisation pour la création de plans d'aménagement forestier globaux et de calcul de la possibilité forestière, tandis que Stanley (réalisant la deuxième étape) est un logiciel conçu pour effectuer un calendrier de récolte stratégique élaboré à l'aide de Spatial Woodstock en configurant automatiquement la récolte ou le traitement des blocs et des horaires.

Le système de planification spatial est basé sur une approche itérative et hiérarchique. L'approche hiérarchique se compose de deux étapes : dans la première, en utilisant Woodstock, l'aménagiste développe un plan d'aménagement forestier à long terme qui est basé sur les strates forestières (regroupement de peuplements similaires) et qui introduit des objectifs de sylviculture et de rendement. Woodstock commence par la projection de l'inventaire, et ensuite réalise l'optimisation du scénario d'aménagement à l'aide de la programmation linéaire. Après cette étape, le logiciel emploie la solution optimale générée et produit un rapport de la solution proposée (Remsoft, 2009). La deuxième étape, en utilisant Stanley, se concentre sur un sous-ensemble de l'horizon de planification stratégique. Stanley cartographie la solution trouvée dans la première étape, et par la suite, le logiciel identifie les blocs ou ensembles de peuplements qui devront subir les différentes interventions dans les différentes périodes, tout en respectant une variété de contraintes spatiales (Volpé, 2007).

D'autres fonctions, comme la réalisation des plans de gestion de la faune, la simulation des écosystèmes forestiers, la modélisation financière détaillée, la visualisation et l'exécution des requêtes au sein de shapesfiles et d'autres bases de données, sont couramment utilisées. La base de Woodstock est un langage de modélisation qui permet à l'utilisateur de décrire la forêt et les mesures d'exploitation à ce sujet dans les termes les plus appropriés à l'exercice de modélisation (Remsoft, 2009).

Avec le logiciel Woodstock, la possibilité forestière peut être calculée selon trois méthodes différentes :

- 1) Déterministe, où on recherche la possibilité forestière en fixant un niveau de récolte et un niveau de travaux sylvicoles.
- 2) Probabiliste, où on cherche la probabilité de maintenir au cours de l'horizon de calcul un niveau de coupe sans rupture de stock.



- 3) Programmation linéaire, qui permet une résolution d'équations mathématiques et ainsi de découvrir le meilleur scénario d'aménagement pour optimiser un objectif selon les différentes contraintes.

Le Tableau 1.1, permet de synthétiser les informations décrites et les fonctions possibles de réaliser avec les logiciels Sylva II et Woodstock/Stamley, utilisés dans les calculs de la possibilité des stratégies analysées dans le cadre de ce mémoire.

**Tableau 1.1**

Comparaison de logiciels de simulation utilisés pour la réalisation des calculs de la possibilité forestière des stratégies d'aménagement

	<i>Modèle</i>	
	<b>SYLVA II</b>	<b>Woodstock/Stamley</b>
<b>Modules pour générer des courbes de rendement (peuplements) intégrés</b>	<i>Oui</i>	<b>Non</b>
<b>Calculs de la possibilité forestière</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>
<b>Simulation déterministe</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>
<b>Simulation probabiliste</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>
<b>Optimisation (programmation linéaire)</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>
<b>Aspects financiers</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>
<b>Répartition spatiale des interventions</b>	<b>Non</b>	<b>Oui</b>
<b>Application</b>	<b>Québec</b>	<b>Nouveau-Brunswick et ailleurs</b>

Source : Système d'inventaire forestier et méthode pour calculer la possibilité forestière (Obj. 1.1.3). AbitibiBowater.

## CHAPITRE II

### DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

#### 2.1 Aire d'étude

L'aire d'étude est localisée dans l'unité d'aménagement forestier (UAF) 042-51, qui se trouve dans la région de la Haute-Mauricie, au Québec. Le territoire de l'UAF 042-51 est délimité par les latitudes 48° 54' N et 47° 03' N et les longitudes 73° 56' O et 72° 42' O. L'UAF englobe les aires communes : 042-01 (63 %), 042-02 (100 %) et 042-03 (100 %). La superficie totale de l'UAF est de 1 073 432 hectares (ha), dont 3520 sont de juridiction fédérale (0,34%), et 1 069 912, de juridiction provinciale (99,66 %), et desquels 179 760 hectares (ha) correspondent à des domaines privés (17 %).

L'UAF 042-51 se compose de deux zones de végétation; il s'agit de la zone boréale qui est la plus au nord et de la zone tempérée nordique. La zone de végétation boréale comprend la sous-zone de la **forêt boréale continue**, et la zone tempérée nordique regroupe les sous-zones de la **forêt décidue** et de la **forêt mélangée**. Du sud au nord, l'UAF se distingue par ses quatre domaines bioclimatiques. À celui de l'érablière à bouleau jaune (9 %), de la sapinière à bouleau jaune (46 %) et de la sapinière à bouleau blanc (45 %) s'ajoute au nord une petite portion du domaine de la pessière à mousse<sup>4</sup>.

Nous sommes en présence de trois types de couverts forestiers sur le territoire : les couverts feuillus (20 %), les couverts résineux (37 %) et une panoplie de couverts mélangés qui occupent près de la moitié de la zone forestière (43 %).

---

<sup>4</sup> Bureau du forestier en chef, UAF 042-51. En ligne : <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/document/UAF-042-51.pdf>. Consulté le 8 décembre 2007.

Le territoire de l'UAF 042-51 pourrait être subdivisé selon son utilisation et sa vocation : le territoire forestier correspond à 90 % de la totalité du territoire (731 273 ha), le 10 % restant faisant partie du territoire non forestier (72 942 ha), qui est intégré au moyen de contraintes biophysiques (aulnaies, dénudés humides, secs et semi-secs, inondés, territoires avec pentes de 41 % et plus), fauniques ou floristiques (sites de nidification (héronnières), refuges fauniques, habitats d'espèces menacées et vulnérables, entre autres) et récréatives ou d'utilité publique (campings, sites de villégiature, camps de chasse, de pêche ou de trappage). La zone étudiée compte 98 lacs qui atteignent une superficie supérieure à 100 ha, et on y recense environ 4358 plans d'eau d'une superficie d'au moins 1 ha.

Historiquement, la forêt de l'UAF 042-51 a été affectée par des perturbations tant naturelles (insectes et feux) qu'humaines. Au nord du territoire, les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) ont causé des dommages significatifs. Au cours du 20<sup>e</sup> siècle, trois épidémies de grande ampleur (de 1906 à 1919, de 1939 à 1958 et de 1967 à 1987) ont eu lieu, lesquelles ont provoqué des changements de la structure des peuplements forestiers (PGAF, 2008-2013). Des épidémies de la livrée de forêt ont aussi touché le territoire : cet insecte s'attaque au peuplier faux-tremble, au peuplier à grandes dents et aux érables. Les feux constituent une autre perturbation qui a affligé la forêt du territoire. Plusieurs feux ont brûlé des forêts de l'UAF; certains sont survenus il y a plus de cent ans. Les feux les plus récents ont eu lieu en 1995, 1997, 1998 et 2010 et ont brûlé respectivement 7000 ha, 2100 ha, 850 ha (PGAF, 2008-2013) et environ 84 000 ha (Moreau, 2010). La forêt de cette zone a été largement aménagée par la suite. L'industrie forestière exécute d'ailleurs ses activités sur le territoire depuis 1860. Les sociétés forestières qui œuvrent dans la région effectuent des travaux sylvicoles liés à la récolte et à la remise en production des terrains. Les coupes avec protection de la régénération et des sols (CPRS) et le reboisement représentent les traitements sylvicoles les plus importants. En conséquence, près de 51 % de la superficie de la forêt aménagée, productive et accessible comprend des arbres dont la classe d'âge est de cinquante ans et moins (classés jeunes équiennes). En outre, les peuplements qui ont atteint la classe d'âge de

quatre-vingt-dix ans et plus représentent 21 % de la superficie productive accessible (classés vieux inéquiennes).

Le territoire étudié se caractérise par la présence de nombreux utilisateurs; en plus des compagnies forestières s'y approvisionnant et des usines de transformation, nous retrouvons des villégiateurs, des chasseurs et des pêcheurs qui peuvent y pratiquer leurs activités, soit dans des zones d'exploitation contrôlée (ZEC) ou des pourvoiries. L'UAF 042-51 compte six ZEC et neuf pourvoiries. D'une part, les ZEC se définissent comme des territoires du domaine public, dont la gestion est confiée à des organismes sans but lucratif. Le but des organismes gestionnaires de ZEC est principalement de diriger et de contrôler l'exploitation, la conservation et l'aménagement de la faune. Les activités les plus pratiquées dans ces territoires englobent la chasse, la pêche, la randonnée, l'observation de la nature et de la faune, le canotage, etc. D'autre part, les pourvoiries constituent aussi des territoires destinés à des fins récréatives. En revanche, des activités de villégiature sont pratiquées dans plus de 1600 sites répandus sur le territoire. L'UAF comprend aussi une réserve faunique et deux réserves à castors.

## 2.2 Le projet Triade

Le concept de la Triade est passé de la théorie à la pratique grâce au projet pilote instauré à partir de l'année 2003 en Haute-Mauricie, et qui porte le nom du concept. Triade est l'initiative d'un groupe de scientifiques appuyé par la table sectorielle de l'industrie forestière de la Mauricie, comprenant les différents utilisateurs du territoire (ZEC, MRC, pourvoiries, etc.), et le ministère des Ressources naturelles du Québec. Plus de 22 compagnies forestières y participent, ainsi que les communautés autochtones Atikamekw–Wemontaci, qui se trouvent sur le territoire ciblé. La volonté d'implanter cette approche dans l'unité d'aménagement forestier (UAF) 042-51 vient, entre autres, des demandes sociales qui ont considérablement augmenté au fil du temps et qui ont forcé la prise en considération de l'ensemble des ressources du territoire et des variables associées (matière ligneuse, valeurs autochtones, récréation, faune, paysage, etc.) dans la planification forestière (Boulfroy et Lessard, 2009).

L'objectif principal du projet est l'aménagement durable de la forêt, en divisant le territoire en trois zones : La zone d'aménagement écosystémique, la zone de conservation et la zone de production forestière. Plus spécifiquement, le projet vise à : maintenir les retombées économiques liées aux activités forestières; maintenir la biodiversité et l'intégrité des écosystèmes forestiers de la région; développer une stratégie plus acceptable pour les utilisateurs du milieu et plus productive en termes de matière ligneuse (Beaulieu, Boudreau et Laberge, 2009).

Le groupe de support scientifique du projet a proposé de diviser le territoire de la façon suivante : 69 % de la superficie est consacrée à l'aménagement écosystémique, une proportion de 11 % est dédiée à la conservation (aires protégées, refuges biologiques et conservation Triade), et la production forestière occupe 20 % du territoire.

### 2.3 Fondement méthodologique

Le fondement méthodologique de la présente analyse est l'éco-efficacité.<sup>5</sup> Le processus comprend trois étapes : l'évaluation, l'analyse coûts-avantages et la planification stratégique; cette méthodologie est implantée par les entreprises de fabrication, mais il est important de souligner que l'éco-efficacité ne constitue pas une approche de type « taille unique »: il faut placer ce concept dans le contexte du secteur, de l'entreprise, du produit ou du service dont il est question (Canada, 2000). Pour atteindre l'objectif général fixé dans le cadre de notre étude, nous avons tout d'abord retenu les deux premières étapes, soit l'évaluation et l'analyse coûts-avantages, afin de déterminer l'efficacité économique de la stratégie du projet Triade par rapport à la stratégie traditionnelle d'aménagement forestier. Ciroth (2009) affirme que les coûts représentent un aspect central dans la prise de mesures éco-efficaces, puisqu'ils sont le moyen d'évaluer la valeur de la production en même temps qu'ils procurent une dimension au ratio d'efficacité. L'évaluation qui a été réalisée dans la première étape de l'analyse coûts-avantages nous a permis d'identifier les coûts et les avantages forestiers des scénarios créés. L'analyse coûts-avantages nous a permis d'examiner chaque scénario afin d'identifier le plus avantageux sur le plan économique. Dans le contexte des entreprises, la planification stratégique est établie à partir des résultats des deux étapes précédentes. Cependant, nous avons analysé des stratégies d'aménagement forestier déjà créées. Ainsi, l'étape de la planification stratégique a été encadrée par l'analyse de la planification des stratégies d'aménagement des scénarios Triade dans le but de révéler les mesures permettant de diminuer les coûts et d'augmenter les avantages des scénarios, comparativement à la stratégie d'aménagement traditionnel (sections résultats et discussion). Les stratégies d'aménagement du territoire ont été évaluées telle que proposées par les forestiers et par le groupe de support scientifique du projet Triade.

---

<sup>5</sup> Industrie Canada. L'éco-efficacité. En ligne : <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/incc-cc.nsl/fr/11lom> >. Consulté le 27 janvier 2006.

Les incertitudes liées à l'évaluation et au niveau de rentabilité des scénarios à long terme nous ont ensuite menés à la réalisation d'une analyse de sensibilité.

L'analyse coûts-avantages est avant tout conçue pour étudier les conséquences d'un projet en matière d'efficacité (Anderson et Settle, 1990). Cette analyse constitue aussi un outil qui aide à la prise de décision. Elle consiste à adapter à des objectifs sociaux les techniques de base de l'évaluation des projets s'appliquant dans le secteur privé. Lorsqu'elle est appliquée par des entreprises privées, l'analyse coûts-avantages traduit de la part de celles-ci le désir de tenir compte dans l'évaluation des projets des conséquences non marchandes de ces derniers et les conséquences qui, sans affecter la firme directement, affectent le reste de la société. Les conséquences d'un projet sur l'environnement et sur la durabilité de certaines activités constituent des exemples d'éléments qui échappent souvent à une analyse purement marchande, mais qui seront pris en compte dans une analyse coûts-avantages. Les décideurs forestiers font face à des choix difficiles en ce qui a trait à la gestion de la forêt. Lorsque les ressources deviennent rares, il est important de réaliser des analyses pour appuyer les décisions de gestion, et pour bénéficier des plus grands avantages, compte tenu des choix possibles. L'analyse coûts-avantages est également un processus décisionnel logique. Elle comprend des techniques qui constituent un modèle pour les diverses méthodes qui servent à définir les possibilités de faire une comparaison valable, à refléter les coûts et les avantages à différents moments et à résumer un ensemble complexe de coûts et d'avantages pour orienter la prise de décision (Canada, Secrétariat du conseil du Trésor, 1998). Cette analyse exprime les coûts et les avantages en unités normalisées (p. ex. en dollars). afin de pouvoir faire une comparaison directe. Les étapes qui se suivent habituellement dans la réalisation de l'analyse coûts-avantages sont les suivantes<sup>6</sup> :

---

<sup>6</sup> Canada. Secrétariat du Conseil du Trésor 1998. Guide de l'analyse avantage. Brouillon. En Ligne [http://www.tbs-sct.gc.ca/fin/sigs/Revolving\\_Funds/bcag/BCA2\\_f.asp](http://www.tbs-sct.gc.ca/fin/sigs/Revolving_Funds/bcag/BCA2_f.asp). Consulté le 15 juin 2007.

- 1) Définir les options (dans notre cas, les scénarios créés), et ensuite, analyser les effets différentiels et réunir les données sur les coûts et les avantages, puis les exposer dans un tableau selon une période de calcul.
- 2) Exprimer les données sur les coûts et les avantages en une unité de mesure normalisée valable, comme en convertissant les dollars historiques en dollars constants.
- 3) Exécuter le modèle déterministe (utilisant des valeurs uniques pour les coûts et les avantages, comme si les valeurs étaient certaines). Établir l'estimation déterministe de la valeur actualisée nette (VAN).
- 4) Faire une analyse de sensibilité pour déterminer quelle variable semble avoir le plus d'influence sur la VAN.

En théorie, l'analyse coûts avantages englobe tous les coûts et avantages, marchands et non marchands, privés et collectifs. En pratique certains coûts et avantages sont tellement difficiles à quantifier qu'on a tendance à les tenir en dehors du cadre ci-dessus d'une analyse quantifiée. Dans ce cas, il est important d'identifier séparément les coûts et avantages non quantifiés dans l'analyse et de les discuter de façon qualitative. L'auteur de l'analyse ou les décideurs qui en font usage doivent alors décider si ces avantages et coût supplémentaires renforcent les résultats quantifiés ou viennent les inverser. Si un décideur inverse ainsi les résultats de l'analyse quantitative il donne implicitement une valeur minimale à l'ensemble des éléments non quantifiables; cette valeur plancher excède le solde de l'analyse quantifiée.

La première étape de la démarche pour réaliser cette analyse a été de créer les scénarios de la stratégie d'aménagement Triade et de la stratégie d'aménagement traditionnelle en intégrant les données disponibles.



### 2.3.1 Première étape de l'analyse coûts-avantages et de l'éco-efficacité : la création des scénarios et la collecte de données sur les coûts et les avantages (revenus) des stratégies d'aménagement (l'évaluation)

L'analyse se fonde sur la comparaison de quatre scénarios : trois scénarios Triade comportant différentes superficies allouées à chaque type d'aménagement, et un scénario qui représente l'aménagement traditionnel et qui ne tient compte ni de l'implantation des aires de conservation, ni de la ligniculture comme il est proposé dans la stratégie Triade (Tableau 2.1).

Le premier scénario Triade attribue 11 % du territoire de l'UAF 042-51 à la zone de conservation (qui comprend les aires protégées et les refuges biologiques déjà établis dans le territoire), 69 % à l'aménagement écosystémique, et 20 % à la production forestière; le scénario 1 est notre base d'analyse et comprend les pourcentages tels qu'ils sont proposés par le groupe de support scientifique du projet Triade. Ce scénario comporte des pourcentages qui ont été déterminés et intégrés aux calculs de possibilité forestière<sup>7</sup>. Les scénarios 2 et 3 représentent des variations des pourcentages du scénario précédent (Tableau 2.1). Le scénario 2 consacre 5 % du territoire à la conservation, 75 % à l'aménagement écosystémique et 20 % à la production forestière. Ce scénario cherche à évaluer si une augmentation du pourcentage du territoire attribué à l'aménagement écosystémique, et en conséquence à la zone de production forestière, permettrait d'obtenir des avantages importants, tant au niveau environnemental qu'au niveau économique. Ensuite, le scénario 3 distribue le territoire en accordant 20 % à la conservation, 40 % à l'aménagement écosystémique et 40 % à la production forestière. Le scénario 3 évalue la proposition inverse à celle du scénario 2. Plus précisément, nous voulions savoir si la réduction de la zone allouée à la production et l'augmentation considérable de la zone de conservation permettait une diminution de coûts inférieure, supérieure ou égale aux

---

<sup>7</sup> Projet Triade. 2007 Résultats préliminaires du calcul de possibilité : <http://www.ville.latuque.qc.ca/triade/index.php/le-calcul-de-possibilite-forestiere>. Consulté le 2 septembre 2007.

avantages normalement produits dans une zone de production. Nous avons choisi de créer ces différents scénarios Triade pour répondre à notre deuxième objectif spécifique, qui était de déterminer si ces scénarios étaient moins, autant ou plus coûteux que l'aménagement traditionnel, et pour en même temps identifier le point où les zones d'aménagement procurent tant des objectifs de production que des valeurs écologiques. Le scénario que nous appelons « traditionnel » dans la présente étude concerne la stratégie d'aménagement forestier pratiquée jusqu'à présent par l'industrie (tableau 2.3). Ce scénario attribue 68% du territoire à la production forestière et 1% à la conservation (refuges biologiques), le reste du territoire (31%) ayant été exclu à 100% à cause de différentes contraintes d'aménagement. Le Tableau 2.1 indique comment le territoire est distribué dans chaque stratégie, ainsi que les proportions de superficie de territoire calculées, en se basant sur les pourcentages alloués à chaque scénario Triade.

**Tableau 2.1**  
Scénarios comparés par type d'aménagement et superficies aménagées

	Scénarios Triade						Aménagement traditionnel	
	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3			
Conservation	11%	80 440 ha	5%	36 564 ha	20%	146 255 ha	1%	10 734 ha*
Aménagement écosystémique	69%	504 578 ha	75%	548 455 ha	40%	292 509 ha	0%	0 ha
Production forestière	20%	146 255 ha	20%	146 255 ha	40%	292 509 ha	68%	669 588 ha
Total Territoire de Production	650 833 ha		694 710 ha		585 018 ha		669 588 ha	

\* Les refuges biologiques constituent la zone de conservation du scénario traditionnel.

#### 2.3.1.1 Stratégies d'aménagement forestier

Après l'analyse du milieu forestier (c'est-à-dire l'analyse des enjeux, des ressources, du milieu socioéconomique et des données écoforestières), le choix de la stratégie d'aménagement du territoire constitue la deuxième étape du processus de

planification de la gestion de la forêt. La stratégie d'aménagement forestier détermine l'organisation, dans le temps et dans l'espace, de l'ensemble des actions de production et de protection liées à ce milieu (Québec, MRNF, 2003). De façon générale au Québec, les stratégies d'aménagement sont constituées d'un scénario de récolte et d'un scénario sylvicole; Ces stratégies d'aménagement sont élaborées en tenant compte des orientations et des politiques gouvernementales, ainsi que des fonctions économiques, écologiques et sociales assignées au milieu forestier (Québec, MRNF, 2003).

La sylviculture constitue l'un des principaux outils de l'aménagement forestier, puisqu'elle permet de traiter la forêt au bon moment dans un ordre convenable, de maintenir la productivité des superficies forestières, d'assurer le rendement soutenu des revenus découlant de la matière ligneuse et de protéger en même temps les autres ressources forestières. Le choix de divers traitements sylvicoles, leur ordonnancement et leur intensité dans l'ensemble d'une forêt sont à la base des stratégies créées (Bérard, 1996). Les objectifs de maintien de la biodiversité ont amené les gestionnaires à diversifier les traitements forestiers, pour essayer de reproduire des peuplements et des paysages forestiers qui incorporent la complexité et l'irrégularité des forêts naturelles (Québec, MRNF, 2003). Le concept de la « rétention variable », qui a commencé à être utilisé au sein des stratégies d'aménagement, oriente la sylviculture vers la rétention d'éléments structuraux, afin d'essayer de reproduire la variété des attributs écologiques propres aux peuplements forestiers naturels (Rosenvald et Löhmus, 2007; Québec, MRNF, 2003). L'idée générale du concept est de maintenir dans les parterres de coupes certains éléments structuraux, comme des arbres vivants de différents diamètres, des chicots et des débris ligneux, des espèces de sous-bois et des portions de litière forestière intacte.

Les éléments laissés après la récolte constituent des « legs biologiques », qui remplissent plusieurs objectifs écologiques, comme celui de servir de refuge à certains organismes, celui de maintenir la structure interne du futur peuplement et celui de maintenir une certaine connectivité dans les paysages aménagés (Rosenvald

et Löhmus, 2007; Québec, MRNF, 2003). Ce concept est aussi appliqué dans le cadre de l'aménagement écosystémique grâce à la rétention d'un certain pourcentage d'arbres durant la réalisation des coupes de protection de la régénération et des sols (CPRS) (Tableau 2.2).

### 2.3.1.2 Stratégie d'aménagement Triade

La première étape dans la démarche d'élaboration de la stratégie d'aménagement du projet Triade a été d'analyser les différences ou les écarts entre le portrait de la forêt naturelle et celui de la forêt aménagée (Beaulieu et Girard, 2006; Tittler, 2010). Cette analyse a été effectuée par des scientifiques en collaboration avec des forestiers impliqués dans le projet. Comme nous l'avons déjà mentionné, la forêt de la région de la Mauricie est aménagée depuis des nombreuses années. Tittler (2010) indique : « À l'heure actuelle, nous en sommes à certains endroits à plus de trois passages. La forêt dite « naturelle » (sans l'empreinte humaine) est extrêmement rare en Mauricie, si ce n'est pas inexistante. C'est pour cette raison que le portrait de la forêt naturelle est un portrait de la forêt préindustrielle et le portrait de la forêt aménagée un portrait de la forêt actuelle ». Cette analyse a permis d'identifier les enjeux écologiques plus importants de la région de la Mauricie. Ces enjeux ont été traduits en objectifs d'aménagement de la zone écosystémique, qui constitue 69 % du territoire de l'UAF 042-51, en ce qui concerne le scénario 1. Les traitements à réaliser et les strates forestières propices à l'exécution de ces traitements ont été déterminés en fonction de ces enjeux (PGAF, 2008-2013). Les enjeux rapportés sont les suivants (Tittler, 2010) :

- 1) La raréfaction des vieilles forêts.
- 2) La raréfaction du bois mort associé aux vieilles forêts.
- 3) La simplification de la structure interne des peuplements dans l'érablière à bouleau jaune et dans la sapinière à bouleau jaune, et plus faiblement dans la sapinière à bouleau blanc.

- 4) L'enfeuillement, surtout dans l'érablière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune, et la sapinière à bouleau blanc.
- 5) La perte d'épinette blanche dans l'érablière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune, et la sapinière à bouleau blanc, et la raréfaction potentielle du thuya, du pin blanc, et, dans l'érablière et la sapinière à bouleau jaune, de l'épinette rouge.
- 6) La fragmentation générale du paysage.
- 7) La raréfaction potentielle des espèces fauniques et floristiques associées aux vieilles forêts et au bois mort, ou autrement défavorisées par les pratiques forestières.

La stratégie d'aménagement de la zone écosystémique est basée sur une série de traitements sylvicoles qui permettent de 1) récolter le potentiel de production du territoire et de 2) répondre aux enjeux écologiques. Plusieurs traitements conventionnels réalisés au Québec permettent de répondre à ces deux objectifs. Cependant, certains traitements conventionnels ont été modifiés pour mieux s'intégrer à la stratégie d'aménagement écosystémique, et de nouveaux traitements ont été proposés, puisqu'aucun traitement conventionnel ne permettait une prise en compte des enjeux écologiques selon la dynamique et la structure forestière des peuplements de certaines séries d'aménagement (Beaulieu, Boudreau et Laberge, 2009). En synthèse, dans le cas concret de la région de la Mauricie, la stratégie d'aménagement forestier développée consiste à créer des paysages aménagés qui se situent à l'intérieur des limites de variation historiques naturelles et à appliquer le concept de la rétention variable. Ces deux objectifs se traduisent par une augmentation de la superficie traitée en coupe partielle, une rétention beaucoup plus grande d'arbres et de bouquets d'arbres sur les parterres de coupe, et, comme il a été mentionné, une diversification des types de coupe forestière (Beaulieu, Boudreau et Laberge, 2009).

Le Tableau 2.2 présente les types de traitements prévus dans la stratégie d'aménagement Triade, alors que la description de ces traitements sylvicoles ainsi que les résultats escomptés sont présentés en annexe.

**Tableau 2.2**  
Traitements sylvicoles prévus pour chaque stratégie d'aménagement

<b>Stratégie d'aménagement traditionnelle</b>	
<b>Traitements avec récolte*</b>	<b>Traitements sans récolte*</b>
CPRS, CPHRS, CPPTM*	Préparation de terrain
Jardinage et assainissement	Plantation, regarni, ensemencement
Éclaircie commerciale	Dégagement
	Éclaircie précommerciale
<b>Stratégie d'aménagement Triade</b>	
<b>Traitements avec récolte</b>	<b>Traitements sans récolte</b>
<b>Aménagement écosystémique</b>	
CPRS (écosystémique - rétention de 5 %)	Scarifiage (Gc BOP)
Coupe avec réserve de semenciers	ÉPC (10 ans après le scarifiage)
Coupe progressive d'ensemencement (CPE)	Scarifiage (Gc MBOFIF)
Coupe finale de CPE (écosystémique)	Scarifiage (Gc BOU)
Coupes multicohortes	Scarifiage (Gc MBOFSF)
CPHR	Plantation de PIB
Coupe progressive irrégulière	Scarifiage, plantation d'EPO
CPPTM	Dégagement de plantation d'EPO
Coupe de préjardinage	Scarifiage, plantation de PEH
Coupe de jardinage	Dégagement de la plantation de PEH
Coupe de jardinage avec trouées	Scarifiage, plantation de MEH
Coupe de jardinage avec parquets	Dégagement de plantation de MEH
Éclaircie sélective individuelle (ESI)	Scarifiage, plantation de PIG
Éclaircie sélective mixte (ESM)	Dégagement de plantation de PIG
<b>Aménagement intensif</b>	
CPRS	Scarifiage, plantation d'EPB
Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance	Scarifiage, plantation d'EPN
Coupe finale de CPE avec aire de croissance	Dégagement de plantation d'EPN
Coupe progressive d'ensemencement (taux)	ÉPC (15 ans après la plantation)
Coupe finale de CPE (taux)	Éclaircie précommerciale
Coupe finale de CPE (production forestière)	Scarifiage, plantation d'EPN
Coupe de jardinage intensif	

\***Traitements avec récolte** : traitements sylvicoles qui produisent de bois de valeur marchande.

\***Traitements sans récolte** : traitements sylvicoles qui ne donnent pas de bois de valeur marchande.

\*Coupe avec Protection de la Régénération et des Sols, Coupe avec la Protection de la Haute Régénération et des Sols, Coupe avec la Protection de Petites Tiges Marchandes.

### 2.3.1.3 Stratégie d'aménagement traditionnelle

La stratégie d'aménagement traditionnelle est basée sur une série de traitements sylvicoles, avec récolte comme la coupe avec Protection de la Régénération et des Sols, et sans récolte comme la préparation de terrain. Les résultats escomptés de ces traitements répondent aux hypothèses de rendement soutenu établies dans le calcul de possibilité. Cette stratégie est principalement constituée des traitements qui sont fréquemment utilisés dans la gestion des forêts au Québec et qui sont appelés « prioritaires ». Ces traitements dits prioritaires sont les suivants : la coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS), l'éclaircie précommerciale (EPC), la plantation pour la production prioritaire de résineux ainsi que les coupes de jardinage (Québec, MRNF, 2003). Les autres traitements ont été établis pour mieux adapter l'aménagement forestier aux conditions et aux caractéristiques de la Mauricie. Le Tableau 2.2 présente également les types de traitements prévus dans la stratégie d'aménagement traditionnelle. La description des traitements sylvicoles est présentée dans l'annexe V (tableau synthèse du calcul de possibilité présenté dans le rapport du Bureau du forestier en chef). Comme nous l'avons déjà décrit, dans cette stratégie, 68 % du territoire est dédié à la production forestière, et 1 % du territoire est protégé et classé refuge biologique. Ces refuges constituent de petites aires protégées qui contribueront à l'atteinte des objectifs de protection du territoire par leur grande diversité d'écosystèmes et leur répartition sur l'ensemble du territoire forestier sous aménagement (PGAF, 2008-2013). Le reste du territoire a été classifié selon les différentes contraintes présentes sur le territoire. Le tableau 2.3 illustre la manière comme le territoire est ordonné dans cette stratégie.



**Tableau 2.3**  
Classification du territoire dans la stratégie d'aménagement traditionnelle

<b>Stratégie traditionnelle</b>	
Production forestière	62 %
Exclusion partielle	6 %
Refuges biologiques	1 %
<b>Classification du reste du territoire</b>	
Contraintes d'affectation	2 %
Contraintes biophysiques	3 %
Pentes abruptes	1 %
Autres juridictions	19 %
Eau	6 %

#### 2.3.1.4 Période d'analyse

Afin d'obtenir une base d'analyse comparable, nous avons eu recours à un même horizon de temps pour les quatre scénarios. Or, l'analyse a été réalisée sur un horizon de quatre-vingts ans, scindé en périodes quinquennales. C'est-à-dire que la période d'analyse de l'étude est divisée en seize périodes de cinq ans. Nous avons considéré que quatre-vingts ans représentait une période raisonnable, puisqu'assez longue pour que l'on puisse observer une rotation complète. La période analysée débute en 2008, car les calculs de possibilité ont été établis à partir de cette année.

#### 2.3.1.5 Calcul des superficies et des volumes de bois des scénarios

##### 2.3.1.5.1 Superficies

Dans le cas du scénario d'aménagement traditionnel, les superficies du territoire utilisées dans les interventions forestières afin de rencontrer les hypothèses du calcul de possibilité ont été établies de façon constante au sein de nos calculs et ce, pendant toute la période analysée (voir les informations provenant du rapport du

Bureau du forestier en chef dans l'annexe V pour des explications détaillées sur les traitements et les superficies aménagées).

Les superficies des scénarios 2 et 3 ont été calculées de façon proportionnelle aux données du scénario 1 (ces données proviennent du calcul de possibilité forestière réalisé pour le scénario 1). À partir de la superficie forestière nette accessible (731 273 ha), et en tenant compte des pourcentages attribués aux zones (conservation, aménagement écosystémique et production forestière), nous avons calculé, pour chaque scénario, les hectares destinés aux types d'aménagement (tableau 2.1). La somme des hectares désignés pour l'exploitation forestière (aménagement écosystémique et production forestière) des scénarios 2 et 3 a servi à établir les superficies des traitements sylvicoles comprenant la récolte et excluant la récolte (dans les scénarios 2 et 3, les traitements sylvicoles sont les mêmes que ceux dans le scénario 1, voir les annexes IX à XIII). La méthode employée est une règle de trois, qui estime les hectares aménagés par traitement dans les scénarios 2 et 3 pour chaque période quinquennale.

*ha d'exploitation forestière sc. 1* → *ha de traitement sylvicole sc. 1*

*ha d'exploitation forestière sc. 2 ou 3* → *x*

#### 2.3.1.5.2 Volumes

Les volumes de bois obtenus pour les stratégies d'aménagement constituent une partie essentielle de notre analyse. En fait, les volumes récoltés représentent les extrants des activités sur le terrain. Pour établir les volumes que nous pourrions obtenir au sein du scénario d'aménagement traditionnel, nous avons aussi utilisé les chiffres du calcul de possibilité effectué par Forêt Québec et présentés dans le rapport du Bureau du forestier en chef (voir les annexes VII à VIII). Ce calcul estime la récolte maximale annuelle à 1 112 700 mètres cubes (m<sup>3</sup>) en rendement soutenu. Nous avons émis l'hypothèse que pendant les seize périodes de l'analyse, nous obtiendrons le volume mentionné de façon constante. Dans le cadre de cette étude, il

a été établi que 33 % du volume proviendrait de coupes partielles, soit 367 191 m<sup>3</sup>/an, et 67 %, de coupes finales (soit 745 509 m<sup>3</sup>/an).

Toujours en ce qui a trait à l'UAF 042-51, nous avons estimé les volumes qui pourront être obtenus au sein du scénario 1, au moyen du calcul de possibilité de la Triade. Dans ce calcul, les volumes de bois obtenus grâce aux plantations à rendement élevé ont été pris en compte, ce qui a permis d'augmenter la possibilité maximale de coupe au sein du scénario 1. Nous avons énoncé la même hypothèse que celle émise pour le scénario traditionnel, où 33 % du volume proviendrait de coupes partielles comprenant un prélèvement de 30 à 50 %, et 67 % du volume serait issu de coupes finales comprenant un prélèvement de 95 à 100 %. Ces hypothèses se fondent sur les procédures établies par les forestiers impliqués dans le projet. Les volumes des scénarios 2 et 3 ont été calculés aussi de façon proportionnelle aux volumes du scénario 1. Comme pour les superficies nous avons eu recours à une règle de trois pour estimer les mètres cubes de bois récoltés annuellement dans ces scénarios.

$$\begin{aligned} \text{ha d'exploitation forestière sc. 1} &\rightarrow m^3 \text{ récoltés sc. 1} \\ \text{ha d'exploitation forestière sc. 2 ou 3} &\rightarrow x \end{aligned}$$

Les stratégies d'aménagement forestier et les objectifs de récolte déterminent, dans le calcul de possibilité forestière, les volumes à obtenir, par essence. À partir de l'analyse des données écoforestières, chacune des strates est orientée vers la production d'une essence ou d'un groupe d'essences prioritaires. Ces essences sont nommées comme principal objectif, puisqu'elles servent à établir l'objectif de production du futur peuplement sur la superficie forestière en cause. Le choix de l'essence principal objectif est fixé en fonction de la régénération préétablie, de la dynamique des essences et des caractéristiques écologiques de la station (Québec, MRNF, 2003). Les essences constituant le territoire sont nommées principales ou secondaires, puis ce groupe d'essences détermine la durée des rotations ou l'âge à maturité du peuplement avant régénération (Québec, MRNF, 2003). Tel que mentionné dans la section aire d'étude, on trouve sur le territoire de l'UAF 042-51

trois types de couvert: les couverts résineuses, les couverts feuillues et plusieurs couverts mélangées.

Le tableau 2.4 montre le niveau de productivité annuelle par essence pour chaque scénario (le niveau de productivité annuelle des scénarios est représenté par le total de mètres cubes de toutes les essences) pendant les cinq premières années après l'implantation du projet. Afin d'illustrer de façon plus détaillée ces données, les informations suivantes sont présentées dans les annexes V et VI :

-Aménagement traditionnel : tableau synthèse du calcul de possibilité présenté dans le rapport du Bureau du forestier en chef.

-Aménagement forestier Triade (scénario 1) : histogramme de simulation du calcul de possibilité, tableau synthèse du volume de récolte par essence et par période.

**Tableau 2.4**

Possibilité annuelle de coupe, par essence, en volume marchand net pour chaque scénario (Période 1)

<b>Essences (m³/an)</b>	<b>Aménagement traditionnel</b>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>	<b>Scénario 3</b>
<b>SEPM</b>	627 500	673 695	719 113	605 568
<b>Sous total de SEPM</b>	627 500	673 695	719 113	605 568
<b>THUYA</b>	4 800	29 665	31 665	26 665
<b>PIN</b>	4 900	15 857	16 926	14 254
<b>PRU</b>	0	620	662	557
<b>Sous total résineux</b>	<b>637 200</b>	<b>719 837</b>	<b>768 366</b>	<b>647 044</b>
<b>PEU</b>	133 400	168 538	179 900	151 495
<b>BOP</b>	254 600	351 613	375 317	316 056
<b>BOJ</b>	56 200	124 405	132 791	111 825
<b>ÉRABLE</b>	30 400	70 604	75 363	63 464
<b>FRÊNE</b>	0	2 234,4	2 384	2 008
<b>HÊTRE</b>	0	2 510,4	2 679	2 256
<b>Autres feuillus</b>	900	113,6	122	103
<b>Sous-total des feuillus</b>	<b>475 500</b>	<b>720 018</b>	<b>768 559</b>	<b>647 207</b>
<b>Toutes essences</b>	<b>1 112 700</b>	<b>1 439 855</b>	<b>1 536 925</b>	<b>1 294 251</b>

#### 2.3.1.6 Calcul des coûts et des avantages

Dans un premier temps, nous avons considéré la valeur des produits transformés vendus sur le marché et les coûts de transport et de transformation afin d'établir les revenus et les coûts des stratégies. Cependant, l'analyse des informations recueillies nous a permis d'établir que la valeur des produits transformés ainsi que les coûts de transport et de transformation ne varient pas en fonction du choix de stratégie d'aménagement du territoire (Triade et traditionnelle).

Le fait d'implanter la stratégie d'aménagement Triade sous-entend la réalisation de nouveaux traitements sylvicoles et une nouvelle répartition du territoire. Conséquemment, c'est dans l'aménagement forestier que se retrouvent les différences essentielles entre les deux stratégies (Triade et traditionnelle). C'est pour cette raison que nous avons uniquement considéré la valeur des coûts des activités de l'aménagement du territoire (opérations de récolte, sylviculture, planification et voirie forestière) dans la démarche d'évaluation de l'éco-efficacité des stratégies.

L'UAF 042-51 est un vaste territoire pour lequel plusieurs utilisateurs ont un intérêt particulier. Par conséquent, nous avons adopté deux points de vue pour déterminer les coûts et les avantages des stratégies. Nous nous sommes premièrement attardés à l'aspect financier, qui, comme nous l'avons déjà mentionné, fait référence aux coûts des activités d'aménagement du territoire (opérations forestières) ainsi qu'aux avantages résultant des volumes de bois récoltés. Deuxièmement, nous avons considéré le point de vue social, en décrivant les avantages environnementaux des stratégies.

#### 2.3.1.6.1 Coûts d'aménagement du territoire

Avec la collaboration de la société qui gère le territoire de l'UAF 042-51, Abitibi-Bowater, nous avons collecté des données pour estimer la valeur des coûts des activités au bord de route comme : la récolte en forêt naturelle, (qui comprend les traitements décrits au tableau 2.2), la supervision de la récolte (associée à chaque traitement), la sylviculture (traitements sans récolte mais associée aux traitements de coupe), la planification et le suivi de la sylviculture, l'implantation de la ligniculture (dans la zone d'aménagement intensif), la planification et le suivi de la ligniculture, la voirie forestière (qui comprend les coûts de construction et d'entretien), les droits de coupe (qui incluent les redevances payés au MRNF, les coûts de SOPFEU « Société de Protection contre les Incendies de Forêts » et du SOPFIM « Société de Protection des Forêts contre les Insectes et Maladies » ), ainsi que la formation de la main-d'œuvre.

Les taux utilisés pour évaluer les coûts de la récolte sont ceux présentés par la *Gazette officielle du Québec* du 14 février 2007. Ce document décrit les valeurs des traitements sylvicoles admissibles à titre de paiement des droits pour l'année financière 2007-2008. Le tableau 2.5 montre les valeurs d'exécution des traitements avec récolte prévus au sein des stratégies d'aménagement. Les coûts attribués aux coupes avec protection de la régénération et des sols (CPRS), aux coupes de protection de la haute régénération (CPHR) et aux coupes avec protection de petites tiges marchandes (CPPTM) consistent en des estimations réalisées par la société AbitibiBowater, et incluent l'abattage, le débusquage et l'ébranchage. Le risque et le profit représentent 5 % des coûts de la récolte, c'est-à-dire que ce pourcentage englobe la valeur de l'indemnisation que la société doit supporter pour les dommages qu'elle provoque dans la réalisation des activités forestières. Les coûts de supervision de la récolte ont été calculés avec les taux de 2004-2005 d'AbitibiBowater; ces derniers englobent les coûts d'hébergement et d'administration.

Les coûts de la sylviculture, de même que ceux de la planification et du suivi de cette dernière ont été calculés à l'aide des valeurs des traitements sylvicoles admissibles à titre de paiement des droits de l'année financière 2007-2008 du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). Ces valeurs sont présentées au tableau 2.6.

**Tableau 2. 5**  
Coûts de traitements avec récolte

<b>Stratégie d'aménagement traditionnelle</b>	<b>Valeur (\$/ha/an)</b>
<b>Traitements avec récolte</b>	
CPRS, CPHRS, CPPTM*	1880,40
Jardinage et assainissement	675
Éclaircie commerciale	853
<b>Stratégie d'aménagement Triade</b>	
<b>Traitements avec récolte</b>	
Aménagement écosystémique	
CPRS (écosystémique - rétention 5 %)	1880,40
Coupe avec réserve de semenciers	94
Coupe progressive d'ensemencement**	377
Coupe finale de CPE (écosystémique)	377
Coupes multicohortes**	377
CPHR	1504,32
Coupe progressive irrégulière	355
CPPTM	1504,32
Coupe de préjardinage	675
Coupe de jardinage	675
Coupe de jardinage avec trouées	675
Coupe de jardinage avec parquets	634
Éclaircie sélective individuelle (ESI)	675
Éclaircie sélective mixte (ESM)	858
Coupe progressive d'ensemencement (taux)	377
Coupe finale de CPE (taux)	377
Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance	355
Coupe finale de CPE avec aire de croissance	377
CPRS	1880,40
Coupe finale de CPE (production forestière)	377
Coupe de jardinage intensif	675
Éclaircie commerciale***	853

\*Ce taux a été jumelé pour les trois coupes puisque les proportions des hectares de chaque traitement n'étaient pas décrites sur la feuille de calcul.

\*\* Taux estimés selon les expérimentations Triade.

\*\*\* Sans martelage; diamètre à hauteur d'homme (dhp) moyen de 14 cm.



**Tableau 2.6**  
Coûts des traitements sylvicoles (traitements sans récolte)

<b>Stratégie d'aménagement traditionnelle</b>	<b>Exécution</b>	<b>Planification/suivi</b>
<b>Traitements sylvicoles</b>	<b>\$/ha/an</b>	<b>\$/ha/an</b>
Préparation de terrain (scarifiage)	622	26
Plantation (plants de dimensions conventionnelles)*	494	20
Dégagement	897	77
Éclaircie précommerciale	1105	67
<b>Stratégie d'aménagement Triade</b>		
<b>Traitements sylvicoles</b>		
Scarifiage (Gc BOP)	622	26
ÉPC (10 ans après le scarifiage)	955	67
Scarifiage (Gc MBOFIF)	622	26
ÉPC (10 ans après le scarifiage)	955	67
Scarifiage (Gc BOU)	622	26
Scarifiage (Gc MBOFSF)	955	67
Plantation de PIB*	788	62
Scarifiage, plantation d'EPO*	941	66
Dégagement de plantation d'EPO	897	77
Scarifiage, plantation de PEH**	1440,20	60,1
Dégagement de la plantation de PEH	1010,02	67
Scarifiage, plantation de MEH***	1319,91	110
Dégagement de plantation de MEH	1010,02	77
Scarifiage, plantation de PIG*	699	66
Dégagement de plantation de PIG	897	31
Scarifiage, plantation d'EPB*	844,2	66
Aire de croissance en EPB	748	20
Scarifiage, plantation d'EPN*	699	66
Scarifiage, plantation d'EPN*	699	66
Dégagement de plantation d'EPN	897	31
Éclaircie précommerciale (15 ans après la plantation)	1105	67
Éclaircie précommerciale	1105	67

\* 2000 plants/ha; plantation de résineux.

\*\* 1100 plants/ha; plantation de peupliers hybrides.

\*\*\* 1600 plants/ha; plantation de mélèzes hybrides.

### 2.3.1.6.2 Coûts de la ligniculture

Dans la zone d'aménagement intensif (production forestière) des scénarios Triade, nous retrouvons des plantations à rendement élevé (ligniculture). Les superficies utilisées pour les travaux sylvicoles des plantations ont été estimées grâce au calcul de possibilité de la Triade. Les espèces prévues pour les plantations sont le peuplier hybride (PEH) et le mélèze hybride (MEH). Des travaux de recherche au sujet de la production de ces deux espèces sont actuellement en cours de réalisation. Ces travaux s'attardent sur l'efficacité des plantations et font l'essai d'options moins coûteuses. Cependant, les chiffres utilisés pour l'analyse constituent les options les plus probables si nous nous penchons sur l'état actuel des connaissances. Pour ce qui est des coûts des travaux sylvicoles des plantations, nous avons utilisé les valeurs des traitements admissibles à titre de paiement des droits de l'année financière 2007-2008. Dans la plantation de PEH, la mise en terre de 1100 plants par hectare a été établie. Les travaux sylvicoles nécessaires à cette plantation comprennent la préparation du terrain (scarifiage), au tarif de 622 \$/ha + 3,2 % pour le campement, la mise en terre de plants (plantation), au tarif de 676 \$/1000 plants et l'entretien de la plantation, effectué au moyen du dégagement mécanique (débranchage manuel), au tarif de 897 \$/ha + 12,6 % pour le campement (Gagné, 2006).

Dans le cas de la plantation de MEH, la mise en terre prévue se chiffre à 1600 plants par hectare. Pour préparer le terrain de cette plantation (scarifiage), il faudra trois passages de TTS hydrauliques au tarif de 247 \$/ha + 3,2 % pour le campement, la mise en terre de plants, au tarif de 347 \$/1000 plants et l'entretien de la plantation également au moyen du dégagement mécanique (débranchage manuel), au tarif de 897 \$/ha + 12,6 % pour le campement. Les coûts reliés à la recherche des superficies à reboiser (recherche cartographique, validation au terrain, inventaires au terrain) ne sont pas inclus puisqu'ils ne sont pas des coûts récurrents. Le tableau 2.6 présente les coûts reliés à l'établissement des plantations à rendement élevé ainsi que les coûts de planification et de suivi qui y sont associés (Gagné, 2006).

### 2.3.1.6.3 Coûts de la voirie forestière

Les activités d'aménagement forestier sont, dans une large mesure, à la base du développement du réseau de chemins forestiers au Québec (Bérard, 1996). Ces chemins sont construits pour donner accès au territoire forestier, pour permettre sa mise en valeur et pour faciliter les déplacements. Le réseau routier forestier est composé d'un ensemble de chemins catégorisés en fonction de l'accessibilité au territoire (extrait de Bérard, 1996) :

- 1) **Chemins primaires** : ils partent généralement du réseau public ou d'une usine de transformation et donnent accès au territoire. Les chemins primaires possèdent le plus haut degré de permanence (dix ans et plus). Ils s'étendent de plus en plus loin, au fur et à mesure que s'éloigne la ressource forestière recherchée. Ces chemins portent souvent le nom de « chemin principal d'accès » ou « maître chemin ».
- 2) **Chemins secondaires** : les chemins secondaires constituent les embranchements du réseau primaire vers les grands secteurs d'approvisionnement en matières ligneuses. Généralement, ces chemins sont utilisés douze mois par année et ont une durée de vie de trois à dix ans.
- 3) **Chemins tertiaires** : les chemins tertiaires forment l'extrémité des ramifications du réseau routier et sont empruntés pendant de plus courtes périodes. Souvent, ils sont localisés dans les secteurs annuels d'intervention. Cette catégorie comprend également les chemins d'hiver.

Le réseau routier est très présent dans l'UAF 042-51. Des routes primaires, comme la route interrégionale 155, traversent complètement l'UAF, à l'est. Quant à la route 10 (route 450), elle parcourt le nord-ouest du territoire (PGAF, 2008-2013). Plusieurs autres routes sillonnent le territoire; c'est ce qui rend cette unité d'aménagement facile d'accès. La plupart des chemins primaires sont déjà construits, donc il reste principalement les chemins secondaires et tertiaires à construire. Le réseau routier représente une des variables ayant un impact significatif sur les coûts

d'approvisionnement (Bérard, 1996; Volpé, 2007). Volpé (2007) mentionne que dans le cas du réseau d'accès (chemins primaires), il est possible d'obtenir des économies d'impôts liées à l'amortissement fiscal, puisque la loi de l'impôt canadienne reconnaît les dépenses engagées pour la construction de ce type de chemins comme dépenses de l'année courante, puisqu'ils donnent accès à la matière ligneuse qui peut être extraite en trois années ou moins. En conséquence, les dépenses reliées à la construction des chemins primaires ou d'accès sont admissibles à un taux maximal d'amortissement fiscal de 90 % (crédit d'impôt remboursable). Selon ces dispositions, Volpé (2007) indique que le réseau d'accès est considéré comme un investissement et le réseau de récolte (chemins secondaires et tertiaires), quant à lui, une dépense d'opération. Puisque le réseau de récolte est considéré comme une dépense d'opération, le coût est mesuré sans tenir compte des économies fiscales. Comparativement aux chemins primaires, les chemins secondaires et tertiaires ne sont pas empruntés de façon intense, et leur coût de construction au kilomètre est inférieur. Cependant, ces chemins ont un impact majeur sur le coût global des opérations en forêt. La majeure partie du budget de la voirie forestière (environ 80 %) est allouée aux chemins de catégories secondaires et tertiaires (Bérard, 1996).

Pour déterminer les coûts de la voirie forestière dans l'UAF (chemins secondaires et tertiaires), nous avons tenu compte des superficies et des volumes calculés au sein de chaque scénario. Les taux utilisés pour réaliser les estimations de coûts sont ceux de la société AbitibiBowater pour l'année 2004-2005. Ces taux ne sont pas présentés dans ce mémoire, car ils sont confidentiels. À l'aide des données que la société nous a fournies, nous avons donc établi, pour le scénario de la stratégie d'aménagement traditionnelle, qu'il y aurait construction de 301 kilomètres de routes par année. De plus, 40 % de ces routes seraient empruntées l'hiver, et le 60 % restant, l'été. Les chemins d'hiver sont privilégiés lors de la planification en raison de leur faible coût et de leur impact moindre sur les sols et l'environnement en général. Cependant, l'utilisation intensive de chemins d'hiver est limitée par plusieurs autres facteurs : l'équilibre annuel des besoins en ressources humaines et matérielles, le respect des inventaires de bois en fonction de la consommation des usines, l'accès

nécessaire à certains secteurs pendant l'été, le changement climatique, etc. (Bérard, 1996). En continuant avec les données du scénario traditionnel, nous avons estimé une moyenne annuelle de 3050 m<sup>3</sup> d'arbres par kilomètre de chemin. Ensuite, nous avons émis l'hypothèse qu'il y aurait moins de kilomètres de chemin construits et de mètres carrés d'arbres par kilomètre de chemin sur l'ensemble du territoire dans les scénarios Triade, en raison de la diminution du territoire forestier attribuable aux zones de conservation. Ces valeurs ont été calculées pour les scénarios de la Triade, proportionnellement aux valeurs utilisées pour la stratégie traditionnelle. Les superficies de territoires forestiers dans chaque scénario ont servi pour effectuer le calcul. Les estimations sont les suivantes :

Scénario 1 : 268 km de chemin/an et 2715 m<sup>3</sup>/km de chemin/an

Scénario 2 : 286 km de chemin/an et 2898 m<sup>3</sup>/km de chemin/an

Scénario 3 : 241 km de chemin/an et 2440 m<sup>3</sup>/km de chemin/an

Dans le cas des scénarios de la Triade, les pourcentages relatifs aux kilomètres de routes construits pendant les saisons d'activités varient : 30 % des kilomètres des chemins seraient construits en hiver, et 70 %, en été. Ces proportions répondent aux stratégies de la société AbitibiBowater. Nous avons effectué les calculs de coûts en tenant compte des taux et des facteurs mentionnés, et nous les avons rajoutés aux coûts totaux des stratégies.

#### 2.3.1.6.4 Droits de coupe

Les coûts de droit coupe sont constitués des redevances au Ministère de Ressources naturelles de la Faune, des coûts provenant des activités réalisées par la SOPFEU (Société de protection contre les incendies de forêts) et la SOPFIM (Société de protection des forêts contre les insectes et maladies).

Au Québec les entreprises forestières doivent payer des redevances pour récolter des arbres dans les forêts du domaine de l'État. La valeur des redevances est

établie par la technique de parité, laquelle s'appuie sur la valeur marchande des bois sur pied vendus sur le marché des forêts privées. Cette valeur marchande est ajustée en tenant compte la localisation et la qualité des bois pour chaque zone de tarification de la forêt publique<sup>8</sup>.

En vertu de la loi sur les forêts, les entreprises peuvent payer les redevances mentionnées soit en argent ou soit en réalisant des traitements sylvicoles, ce qui est appelé **des traitements sylvicoles admissibles en paiement des droits** (Tableau 2.6). Dans le cadre de cette analyse, la valeur de coûts de redevances a été établie en se basant sur les volumes récoltés à la fin de l'année 2008 pour obtenir un prorata de volume coupé par zone de tarification. Ce prorata nous a permis de calculer le taux moyen des redevances par volume. Les valeurs de 2008 sont appliquées sur les 3 premières années de la première période de cinq ans. Étant donné la refonte majeure de la tarification forestière pour l'année 2010 nous avons modifié le taux par zone pour les années 2010 et suivantes. Donc, la période 1 est composée à  $\frac{3}{5}$  du taux 2008 plus  $\frac{2}{5}$  du taux 2010. Les périodes 2 à 16 sont quant à elles, au taux de 2010 seulement.

Nous avons également calculé les coûts des activités de la SOPFEU et de la SOPFIM en utilisant les montants globales facturés en 2008. Ces montants ont été divisés par  $m^3$  : SOPFEU 0,6450 \$/m<sup>3</sup> ; SOPFIM 0,0270 \$/m<sup>3</sup>.

#### 2.3.1.6.5 Coûts de formation de la main d'œuvre

Les nouveaux traitements écosystémiques introduits par la Triade, comme les coupes multicohortes, les coupes de jardinage et les coupes progressives d'ensemencement (CPE) impliquent la formation des opérateurs. Des essais réalisés en 2007 dans le cadre de la Triade par FPInnovations (Institut Canadien de Recherches en génie

<sup>8</sup>Québec, Ministère de Ressources naturelles et de la Faune. 2003-2011. Tarification forestière, les redevances pour la récolte de bois. En ligne.

<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/entreprises/entreprises-tarification.jsp>

Consulté le 4 décembre 2010.

Forestier) ont permis entre autres d'estimer la valeur des coûts de formation de la main-d'œuvre liés aux CPE et aux coupes de jardinage. Ces valeurs ont été utilisées pour calculer les coûts de formation de la main-d'œuvre dans l'UAF. Dans le cas de notre analyse, la formation de la main-d'œuvre est considérée comme un coût initial la première année. Les taux calculés par FPInnovations indiquent que les coûts de la formation sont de 44 \$/ha et la supervision additionnelle requise pour les traitements déjà mentionnés de 47 \$/ha; 282 ha ont été utilisés pour effectuer la formation pendant les essais.

#### 2.3.1.6.6 Avantages (revenus)

Les avantages représentent les entrées d'argent que génèrent les stratégies. Dans le cadre de cette analyse, les revenus obtenus proviennent de la valeur du bois récolté annuellement pendant chaque période à l'étude. En conséquence, les revenus ont été calculés en fonction du volume marchand net. La valeur des produits s'est appuyée sur la liste de prix du *Syndicat des producteurs de bois du Centre-du-Québec* (février 2008). Ces prix reflètent la valeur du bois livré. Comme cette analyse n'inclut pas les coûts de livraison, nous avons soustrait du prix des produits la valeur moyenne du transport 13,55 \$/m<sup>3</sup>, afin d'établir des revenus au bord de route. Les prix des produits sont les suivants : les prix des résineux s'élèvent à 55 \$/m<sup>3</sup>. En ce qui concerne les feuillus, nous avons fait l'hypothèse que 40 % de leur volume serait utilisé pour le bois de sciage, au prix de 52 \$/m<sup>3</sup>, et que 60 % serait consacré à la fabrication de la pâte, au prix de 38 \$/tonne (facteur de 0,989 m<sup>3</sup>/tonne). L'hypothèse mentionnée s'appuie sur les estimations réalisées couramment par la société AbitibiBowater.

#### 2.3.2 Deuxième étape de l'analyse coûts-avantages : la conversion de la valeur des coûts et des avantages de dollars courants en dollars constants

Les analyses économiques de projets d'investissement forestier sont caractérisées par de longues périodes d'évaluation, car les coûts et les revenus de ces

projets sont répartis sur plusieurs années, ce qui mène à la prise en compte du temps comme facteur prépondérant. Le fait que les coûts et les revenus se présentent lors de différentes périodes de temps est attribuable à deux facteurs fondamentaux. Le premier facteur est lié à la préférence financière de payer plus tard et d'obtenir des avantages plus tôt, tandis que le deuxième fait référence à la valeur de l'unité de mesure changeant avec le temps, en raison de la baisse du pouvoir d'achat de la devise sous l'effet de l'inflation (Canada, Secrétariat du conseil du Trésor, 1998). Lors de la réalisation de l'analyse des coûts et des avantages, il est nécessaire de corriger ces deux facteurs afin que les flux de capitaux propres à des périodes différentes puissent être calculés. Nous corrigeons le facteur de l'inflation à l'aide de la conversion des dollars courants (valeur d'une monnaie à la période en cours) en dollars constants. Les dollars constants doivent être exprimés pour une certaine année de référence. On traduit les dollars des années antérieures ou postérieures en dollars de l'année de référence à l'aide d'un indice de prix, qui mesure l'inflation se produisant d'une année à l'autre (Bérard, 1996). Pour ce faire, il est essentiel d'exprimer les valeurs futures (correspondant à des actions, des décisions ou des effets qui ont lieu ou se mesurent dans le futur en valeurs actuelles). Cette correction s'ajoute à la correction consistant à transformer les valeurs courantes en valeurs d'une certaine année de référence et s'effectue en appliquant aux valeurs un facteur d'actualisation qui dépend de la date. Les données ainsi modifiées sont dites actualisées. Le facteur d'actualisation et son utilisation concrète sont décrits dans la prochaine section.

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'analyse a été réalisée sur un horizon de quatre-vingts ans. L'année 2007 a donc été désignée comme étant l'année de référence de l'analyse. Nous nous sommes appuyés sur l'indice des prix à la consommation (IPC) de Statistique Canada pour convertir la valeur des coûts que nous avons de dollars courants en dollars constants. Le fait que cette analyse soit prospective nous a amené à calculer une projection du taux d'inflation. Ainsi, nous avons multiplié le niveau de l'IPC de l'année 2006 (129,9) par le taux d'inflation de novembre de 2007 (2,5 %) dans le but d'obtenir le niveau de l'IPC de l'année 2007



(132,5). La valeur des coûts des années antérieures à 2007 (c'est-à-dire les coûts de la supervision de la récolte et de la voirie forestière) a été divisée par l'indice de l'année en question, et multipliée par l'indice de l'année de référence (2007, dans notre cas). Nous avons conservé la même valeur dans le cas des coûts et des revenus de l'année 2007, car le coefficient est de 1, c'est-à-dire pour les coûts de la récolte, les coûts de la sylviculture, de sa planification et de son suivi, les coûts de la ligniculture, de sa planification et de son suivi, les coûts de la formation de la main d'œuvre, et les revenus.

### 2.3.3 Troisième étape de l'analyse coûts-avantages : l'estimation de la valeur actuelle nette

La valeur actuelle (VA) d'une somme future quelconque (VF) correspond à la somme d'argent qui rendrait le bénéficiaire tout juste indifférent quand il a à choisir entre « recevoir VA maintenant » ou « recevoir VF à un moment donné dans l'avenir » (Anderson et Settle, 1990).

Choisir un taux d'actualisation approprié constitue une des étapes les plus importantes dans l'élaboration d'une analyse coûts-avantages, car tout dépend du taux qu'on emploie pour convertir les intrants et les extrants en valeurs actuelles. Le taux de 4 % est amplement utilisé dans le cadre de projets forestiers. Lorsque l'horizon de temps est long, l'utilisation d'un taux d'intérêt constant fait en sorte que l'actualisation des revenus et des coûts survenant dans un futur de plus en plus éloigné explique de moins en moins la rentabilité ou la non-rentabilité du projet en question (Legault et al., 2007). Cette situation a été largement questionnée dans le monde des économistes. Martin L. Weitzman (2001) a proposé l'utilisation d'un taux décroissant dans le temps pour les analyses coûts-avantages de projets environnementaux comprenant de longues périodes de temps à évaluer. Weitzman (2001) considère qu'un taux de 4 % est adéquat pour évaluer des périodes allant de 1 à 5 ans, qu'un taux de 3 % est adéquat pour des périodes variant entre 26 et 75 ans, qu'un taux de 2 % convient à des périodes plus longues de 76 à 300 ans, alors qu'un

taux de 1 % s'applique à des périodes de trois cents ans et plus. Une revue de la documentation publiée sur le sujet nous a indiqué le bon niveau d'acceptation de cette théorie dans la réalisation des analyses économiques de projets de longue durée. D'autres travaux sur la rapidité avec laquelle cette décroissance doit être retenue ont été effectués. Le Commissariat général du plan, en France, remplacé en 2006 par le Centre d'analyse stratégique, a effectué une révision du taux d'actualisation des investissements publics. Le Commissariat est arrivé à la conclusion qu'à partir d'une durée de trente ans, les incertitudes sur la croissance et les progrès technologiques deviennent déjà significatives (Lebègue, Baumstark et Hirtzman, 2005). En tenant compte de ces facteurs, nous avons choisi d'actualiser les coûts et les revenus des stratégies d'aménagement avec un taux de 4 % pour les trente premières années, de 3 % pour les années allant de 30 à 60 ans et de 2 % pour les périodes de 60 à 80 ans.

La valeur des coûts de toutes les activités d'aménagement forestier, ainsi que les revenus ont été actualisés, en tenant compte les périodes de cinq ans qui divisent la période totale analysée. Nous avons estimé la valeur cumulative du flux d'un dollar par an durant chaque période (cinq ans) en dollars actualisés de l'année 2007. De cette façon une série de coefficients d'actualisation ont été calculés par période. Par la suite, la valeur des coûts et des revenus annuels de chaque période a été multipliée par les coefficients obtenus.

La formule utilisée de façon conventionnelle dans le calcul de coefficients d'actualisation s'applique à des données annuelles et à des taux d'actualisation constants dans le temps :

$$\sum_{n=1}^N \frac{1}{(1+r)^n}$$

$r$  = taux d'actualisation       $n$  = année

Le coefficient d'actualisation ainsi calculé vient multiplier les dépenses et les revenus de l'année  $N$  pour ainsi les actualiser à l'année zéro.

Dans le cadre de cette analyse il a été nécessaire d'ajuster la formule précédente sous deux aspects : 1) l'unité de temps (N) n'est pas l'année mais la période de 5 ans ; il y a 6 périodes durant le bloc d'années de 0 à 30 (bloc 1), 6 périodes durant le bloc d'années de 30 à 60 (bloc 2) et 4 périodes durant le bloc d'années de 60 à 80 (bloc 3) ; 2) le taux d'actualisation annuel n'est pas le même selon les trois grands blocs d'années considérés : r1 (0 à 30 ans) ; r2 (30 à 60 ans) et r3 (60 à 80 ans).

Coefficient d'actualisation annuel s'appliquant aux six premiers périodes, c'est-à-dire pour les trente premières années :

$$\sum_{n=1-30}^N \frac{1}{(1+r1)^n} \quad (1)$$

n = année du premier bloc (N < ou = N=30)    r1 = taux d'actualisation (4 %)

On calcule le coefficient d'actualisation correspondant à chaque période de cinq ans du premier bloc (1 à 30 ans) en faisant la somme des coefficients annuels correspondants à chaque année de la période. Ainsi, pour la première période de cinq ans du premier bloc, le coefficient d'actualisation est :

$$VP1 = \left[ \frac{1}{(1+r1)^1} + \frac{1}{(1+r1)^2} + \frac{1}{(1+r1)^3} + \frac{1}{(1+r1)^4} + \frac{1}{(1+r1)^5} \right]$$

Pour la deuxième période du premier bloc, le coefficient d'actualisation est :

$$VP2 = \left[ \frac{1}{(1+r1)^6} + \frac{1}{(1+r1)^7} + \frac{1}{(1+r1)^8} + \frac{1}{(1+r1)^9} + \frac{1}{(1+r1)^{10}} \right]$$

Etc.

Coefficient d'actualisation annuel s'appliquant aux périodes 7 à 12 c'est-à-dire de la trente et unième année à la soixantième année :

$$\sum_{n=31-60}^N \frac{1}{(1+r1)^{N1} \times (1+r2)^n} \quad (2)$$

n = année du deuxième bloc (30 < N < ou = N2 = 60) r2 = taux d'actualisation (3 %)

Coefficient d'actualisation annuel s'appliquant aux périodes 13 à 16 c'est-à-dire de la soixante et unième année à la quatre-vingtième année :

$$\sum_{n=61-80}^N \frac{1}{(1+r1)^{N1} \times (1+r2)^{N2} \times (1+r3)^n} \quad (3)$$

N = année du troisième bloc (60 < N < ou = N3 = 20) r3 = taux d'actualisation (2 %)

Le tableau 2.7 donne les coefficients d'actualisation cumulatifs ainsi obtenus. Comme nous l'avons mentionné ces coefficients ont été estimés en dollars actualisés de l'année qui précède la première période de l'analyse (c'est-à-dire 2007), où chaque période représente cinq années. Le tableau 2.7 se lit comme suit : par exemple, le chiffre de 2,032 au période 5 de la colonne 4 % représente le prix ou la valeur qu'il faudrait payer aujourd'hui pour obtenir un dollar perçu pendant chacune des cinq années de cette période future avec un taux d'actualisation de 4 %. Pour calculer ce chiffre, nous avons utilisé la formule 1, période 5 mentionnée précédemment, où « r1 » représente le taux d'actualisation qui dans ce cas est de 4 % et « n » représente l'année du bloc 1, qui dans ce cas est de l'année 21 à l'année 25 de la période 5. Avec le taux d'actualisation de 4 %, 1 dollar reçu ou dépensé durant chacune de 5 années a une valeur actualisée de 0,438833602 + 0,421955386 + 0,405726333 + 0,390121474 + 0,375116802 = 2,031753597 dollars. Le coefficient d'actualisation cumulatif est donc de 2,032.

En prenant un autre exemple dans le tableau 2.7, le chiffre correspondant à la période 13 de la colonne 2 % signifie que recevoir ou dépenser 1 dollar durant chacune de 5 années de la période 13 vaut  $0,124532557 + 0,122090742 + 0,119696806 + 0,11734981 + 0,115048833 = 0,598718748$ . Le coefficient d'actualisation est de 0,599; chacun des cinq nombres intervenant dans cette somme est calculé à l'aide de la formule (3) appliquée aux années  $N=61, 62, 63, 64, 65$ .

**Tableau 2.7**  
Coefficients d'actualisation

Taux d'actualisation	Coefficients d'actualisation		
	4 %	3 %	2 %
<b>Période</b>			
1	4,452		
2	3,659		
3	3,007		
4	2,472		
5	2,032		
6	1,67		
7		1,412	
8		1,218	
9		1,051	
10		0,906	
11		0,782	
12		0,674	
13			0,599
14			0,542
15			0,491
16			0,445

Valeur cumulative par période de cinq ans (coefficients d'actualisation) du flux d'un dollar par an durant chacune des années de chaque période, lorsque le taux d'actualisation diminue avec le temps de la façon indiquée dans le tableau.

### 2.3.3.1 Indicateurs de performance des scénarios

Nous avons eu recours à deux indicateurs de la performance de projets des investissements au sein de la présente analyse. Nous avons choisi la valeur actuelle nette (VAN) et l'indice coûts-avantages pour estimer l'efficacité financière des scénarios.

### 2.3.3.1.1 Valeur Actuelle Nette (VAN)

Le calcul de la VAN convertit tous les futurs flux monétaires prévus d'un projet en leur «valeur actuelle». En conséquence toutes les valeurs actuelles sont additionnées ensemble pour calculer un seul chiffre qui peut caractériser la valeur générale du projet, autrement dit, sa rentabilité (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2001). Dans cette analyse, la VAN se rapporte à la valeur actualisée de tous les avantages (c'est-à-dire de la période totale, 80 ans), établis aux taux d'actualisation dégressif mentionné plus haut à l'aide des coefficients présentés au Tableau 2.7 et pour laquelle nous soustrayons la valeur actualisée de tous les coûts (également de la période totale de 80 ans) convertis au même taux. Nous avons adapté la formule du calcul de la VAN, afin de tenir compte de ces facteurs et de l'unité de temps établie dans cette analyse, cette formule a été utilisée afin de calculer la Valeur Actuelle Nette de **chaque scénario** (scénario 1, 2, 3 et scénario d'Aménagement traditionnel). Pour la période de temps analysée, si la VAN est inférieure à zéro, on considère que le projet n'est pas rentable; ainsi, une VAN de zéro signifie l'atteinte du seuil de rentabilité et le fait que celle-ci soit supérieure à zéro indique que le projet est rentable (Canada, Secrétariat du Conseil du Trésor, 1998).

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=16} (Ap_{it} \times Cp_t - Cap_{it} \times Cp_t)$$

$Ap_{it}$  = avantage total annuel de la période des scénarios

$Cap_{it}$  = coût total annuel de la période des scénarios

$Cp$  = coefficient d'actualisation des périodes

$t$  = période

$i$  = scénarios (1, 2, 3 et Aménagement traditionnel)

### 2.3.3.1.2 L'indice coût-avantage

L'indice coût-avantage réfère au rapport de la valeur actualisée des avantages sur la valeur actualisée des coûts (Canada, Secrétariat du Conseil du Trésor, 1998). Afin de réaliser le calcul de l'indice coût-avantage pour chaque scénario, nous avons utilisé la valeur des coûts et des avantages actualisés également à l'aide du taux dégressif et des coefficients d'actualisation du Tableau 2.7. La formule utilisée pour le calcul de l'indice coûts-avantages de **chaque scénario** a été aussi adaptée afin de tenir compte de l'unité de temps établie dans cette analyse et des facteurs d'actualisation. La règle de décision générale indique que les projets ayant un indice coût-avantage inférieur à l'unité ne sont pas acceptés; inversement, si :  $\text{Avantage/Coûts} > 1$ , le projet est souhaitable puisque les avantages sont plus élevés que les coûts.

$$\frac{\sum_{t=1}^{t=16} Ap_{it} \times Cp_t}{\sum_{t=1}^{t=16} Cap_{it} \times Cp_t}$$

$Ap_{it}$  = avantage total annuel de la période des scénarios

$Cap_{it}$  = coût total annuel de la période des scénarios

$Cp$  = coefficient d'actualisation des périodes

$t$  = période

$i$  = scénarios (1, 2, 3 et Aménagement traditionnel)

### 2.3.4 Quatrième étape de l'analyse coûts-avantages : l'analyse de sensibilité

Dans la réalisation des analyses coût-avantage, certains facteurs exercent une influence sur les résultats. L'analyse de sensibilité mesure l'impact de la variation d'un ou de plusieurs facteurs clés (ventes, inflation, taux d'actualisation, % des dépenses, etc.) sur la VAN d'un projet. Ainsi il est possible d'identifier sur quel facteur il y a une marge de manœuvre ou non, de cette façon, nous tenons compte du risque et de l'incertitude (Anderson et Settle, 1990; Jacques, 2005, Boivin 1998).

Les facteurs d'incertitude financière dans cette étude sont: 1) le taux d'actualisation, 2) les coûts d'aménagement et 3) les revenus. Nous avons effectué une analyse de la sensibilité de la VAN sur la modification du taux d'actualisation au sein de chacun des scénarios. Premièrement nous avons appliqué un taux de 3 % à chaque scénario pendant toute la période d'analyse (80 ans), ce qui représente un taux constant permettant une comparaison approximative avec notre cas de base qui est constitué des taux décroissants (4 %, 3 % et 2 %). Deuxièmement nous avons modifié de 1 % le taux d'actualisation de 3 %, c'est-à-dire 4 % et 5 %. Ces variations ont été réalisées afin de comparer comment la VAN de chaque scénario réagit aux mêmes variations du taux en question et d'identifier quel est le scénario le plus sensible. (Legault et al., 2007). Afin d'analyser la sensibilité de la VAN de chaque scénario aux variations des coûts d'aménagement, nous avons augmenté de 5 % et 10 % la valeur de ces derniers, ensuite, nous avons continué à augmenter ces pourcentages pour identifier le point de rupture du projet, c'est-à-dire, le point où le projet ne serait plus rentable. Le même exercice a été réalisé pour les revenus mais dans ce cas, nous avons diminué ces valeurs de 5 % et 10 % ; le point de rupture a été déterminé avec l'augmentation des pourcentages mentionnés.

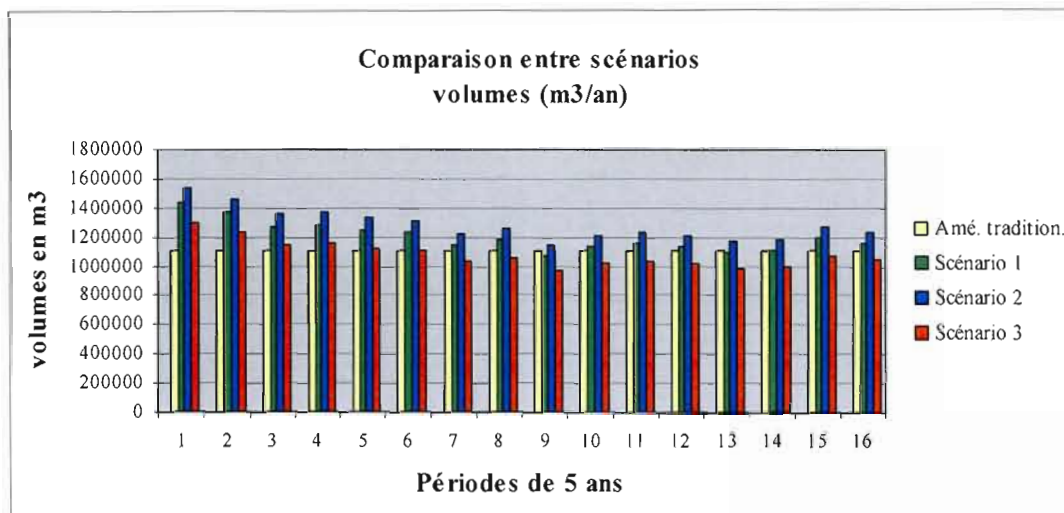


### CHAPITRE III

#### RÉSULTATS DE RECHERCHE

L'analyse comparative des résultats de la présente étude nous permet de tirer plusieurs conclusions. Selon les hypothèses des calculs de possibilité forestière et des estimations basées sur ces calculs, tous les scénarios produiraient plus de 1 100 000 m<sup>3</sup> par année, sauf le scénario 3 (Conservation 20 %; aménagement écosystémique 40 % et production forestière 40 %), dont les résultats sont inférieurs à ce chiffre entre la période 7 et la période 16 (figure 3.1). Le scénario 2 (Conservation 5 %; aménagement écosystémique 75 % et production forestière 20 %) de la stratégie d'aménagement Triade s'avère le plus avantageux des quatre scénarios en matière de production de bois. Pendant les seize périodes analysées, ce scénario produirait entre 10 et 28 % de plus en volume que le scénario traditionnel, 6 % de plus que le scénario 1 (Conservation 11 %; aménagement écosystémique 69 % et production forestière 20 %) et 16 % de plus que le scénario 3.

L'analyse des figures 3.4 et 3.5 permet d'observer la différence entre les avantages et les coûts à travers le temps et le niveau de rentabilité des scénarios. Les scénarios Triade se révèlent tous supérieurs au scénario d'aménagement traditionnel. La VAN varie légèrement entre les scénarios Triade et suggère que le scénario 2 est plus rentable que les autres scénarios. L'indice coût-avantage (figure 3.7) nous montre que le scénario traditionnel est aussi rentable, mais corrobore le fait que les scénarios Triade soient plus avantageux, et suggère aussi qu'il n'y pas beaucoup de différence entre eux.



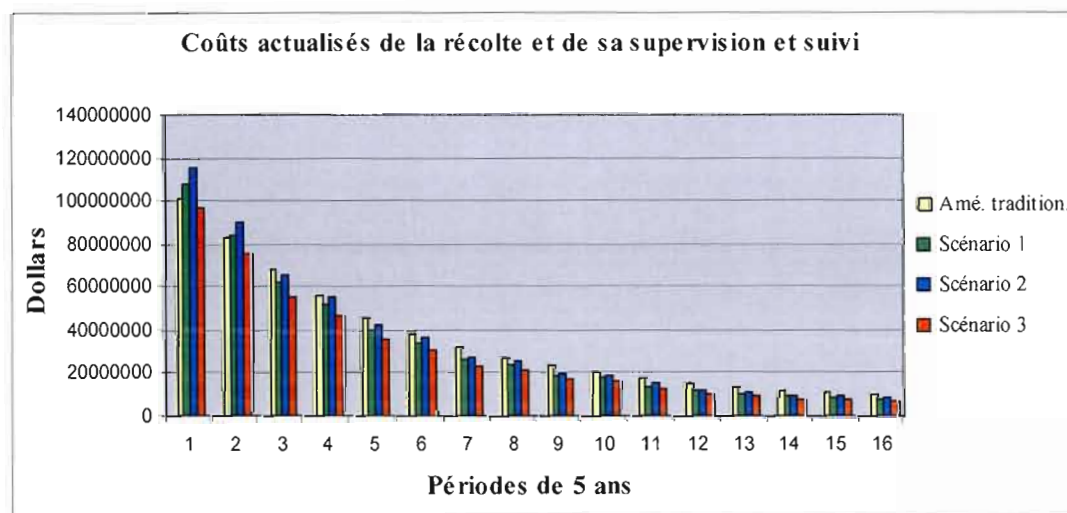
**Figure 3.1** Possibilité forestière de l'aménagement traditionnel et chacun des scénarios triade pendant la période d'analyse (80 ans). Volumes nets. Scénario 1 (Conservation 11 %; aménagement écosystémique 69 % et production forestière 20 %). Scénario 2 (Conservation 5 %; aménagement écosystémique 75 % et production forestière 20 %). Scénario 3 (Conservation 20 %; aménagement écosystémique 40 % et production forestière 40 %).

### 3.1 Coûts d'aménagement du territoire

#### 3.1.1 Récolte et supervision de la récolte

La récolte et la supervision de la récolte représentent entre 65 % et 69 % des coûts d'activités du scénario traditionnel et entre 58 % et 66 % des mêmes coûts pour ce qui est des scénarios Triade, au cours de la période totale analysée. Pendant les dix premières années analysées, le scénario 2 se révèle comme étant le plus coûteux entre les quatre scénarios annuellement, suivi du scénario 1, puis du scénario traditionnel. Le scénario 3 est le moins coûteux de tous (figure 3.2), car il y a plus du territoire dédié à la conservation et donc non aménagé. À partir de l'année 11, c'est-à-dire la troisième période, les coûts à l'hectare de la récolte augmentent dans le scénario traditionnel comparativement aux scénarios Triade. Ce résultat est attribuable à deux facteurs principaux, soit les types de traitements réalisés et la proportion du territoire traité. Dans la stratégie d'aménagement traditionnelle, 86 % de la superficie serait traitée annuellement avec des coupes finales et les 14 % restants, avec des coupes

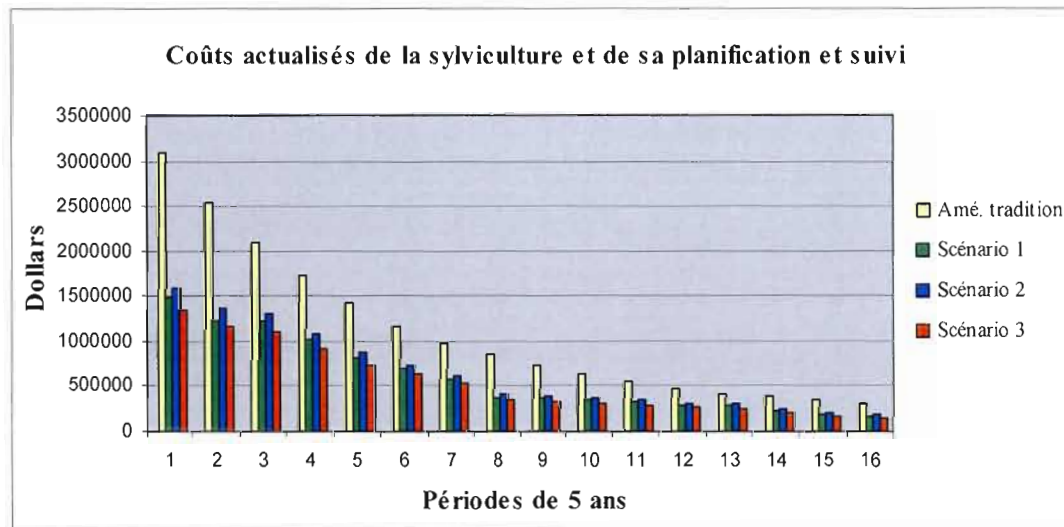
partielles, tandis que la stratégie d'aménagement Triade prévoit traiter 28 % de la superficie annuelle avec des coupes finales et 72 % avec des coupes partielles. Dans le cadre de cette étude, les coûts à l'hectare des coupes finales comme les CPRS, les CPTTM et les CPHR réalisés dans l'aménagement traditionnel sont supérieurs aux coûts des coupes partielles écosystémiques. Dans le cas des scénarios Triade, les coûts des coupes finales après les coupes partielles ne sont pas assumés dans la même année, élément qui aide à diminuer leur coût total par année. Pendant les deux premières périodes, qui forment l'étape d'implantation de coupes écosystémiques, la supervision de la récolte devient un élément important pour la bonne réalisation des nouveaux traitements. Le fait que les coûts soient supérieurs dans les scénarios Triade comparativement au scénario traditionnel durant les premières périodes, s'explique par le fait que les coûts de supervision sont entre 23 % et 19 % plus importants aux périodes 1 et 2, respectivement dans le scénario 1, entre 28 % et 24 % également plus importants dans le scénario 2, et 14 % et 9 % plus élevés dans le scénario 3. En outre, les superficies traitées par an sont supérieures dans les scénarios Triade de ces périodes.



**Figure 3.2** Comparaison des coûts de la récolte entre l'aménagement traditionnel et les scénarios triade en utilisant un taux d'actualisation décroissante dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans).

### 3.1.2 La sylviculture : planification et suivi

La superficie annuelle affectée aux travaux sylvicoles dans la stratégie d'aménagement traditionnel est de 8 535 ha, ce qui correspond à 88 % des hectares récoltés par année. Dans le cas des scénarios Triade, nous obtenons, pour le scénario 1, une moyenne annuelle de 5 289 ha, correspondant à 44 % des hectares traités. Pour sa part, le scénario 2 a une moyenne annuelle de 5 658 ha, ce qui équivaut également à 44 % des hectares traités. Dans le scénario 3, nous observons une moyenne de 4 766 ha annuels, ce qui correspond aussi au même résultat que dans les scénarios 1 et 2 en matière d'hectares traités. En ce qui concerne les coûts annuels des interventions pendant la période analysée, comparativement aux scénarios Triade, le scénario traditionnel est entre 52 % et 46 % plus coûteux que le scénario 1, entre 49 % et 42 % plus onéreux que le scénario 2 et entre 57 % et 51 % plus coûteux que le scénario 3 (figure 3.3).



**Figure 3.3** Comparaison entre l'aménagement traditionnel et les scénarios triade des coûts de la sylviculture, de sa planification et de son suivi en utilisant un taux d'actualisation décroissant dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans).

### 3.1.3 Ligniculture : planification et suivi

Nous retrouvons des plantations à rendement élevé uniquement au sein des scénarios Triade. Nous avons comparé les trois scénarios de cette stratégie. Les coûts à l'hectare restent les mêmes pour ce qui est des trois scénarios; cependant, les coûts nets annuels de la ligniculture et de sa planification sont très variables d'une période à l'autre. Cette variabilité est directement liée à la proportion de territoires traités, c'est-à-dire, à la quantité d'hectares utilisés pour établir les plantations de peupliers hybrides et de mélèzes hybrides, ainsi que les traitements sylvicoles. Nous avons constaté que malgré les variations de coûts relatifs à la période analysée (80 ans), durant les trois premières périodes, les coûts annuels des plantations sont supérieurs aux coûts relatifs au reste des périodes, et ce, dans les trois scénarios de la stratégie. Dans le cas des interventions planifiées pour la ligniculture et pendant les trois premières périodes, le scénario 2 est annuellement 6,2 % plus coûteux que le scénario 1 et 16 % plus coûteux que le scénario 3. En chiffres, le scénario 2 coûterait annuellement 135 541 \$ de plus que le scénario 1, et 341 403 \$ de plus que le scénario 3.

Les coûts supplémentaires causés par l'implantation de la ligniculture impliquent un investissement initial. Cependant, les coûts généraux des plantations produits au cours des années pourront être soutenus grâce aux économies générées dans d'autres postes comme la sylviculture et la voirie forestière et aux avantages obtenus.

### 3.1.4 Voirie forestière

La voirie forestière constitue un élément important dans la réalisation des interventions. Selon les hypothèses formulées dans la section méthodologie, qui font référence au fait qu'il y aurait moins de kilomètres de chemins construits au sein des scénarios Triade (grâce à la diminution du territoire attribuable aux zones de conservation), les coûts de la voirie forestière seraient plus élevés dans le scénario

traditionnel que dans les scénarios Triade. Si nous comparons les quatre scénarios, le scénario traditionnel coûterait 18 % de plus que le scénario 1, 13 % de plus que le scénario 2 et 27 % de plus que le scénario 3. Pour ce qui est des trois scénarios Triade, le scénario 3 coûte respectivement 10 % et 16 % moins cher que les scénarios 1 et 2. Le scénario 2 est le plus onéreux des trois scénarios Triade : il affiche des coûts supérieurs de 6,3 % à ceux du scénario 1, et comme nous l'avons déjà décrit, de 16 % supérieurs à ceux du scénario 3.

### 3.2 Avantage et rentabilité financière

Les revenus nets obtenus annuellement grâce à la stratégie traditionnelle et à la stratégie Triade dépassent leurs coûts d'aménagement, durant toute la période analysée. Pendant les trente premières années (périodes 1 à 6), les revenus obtenus dans les scénarios de la stratégie Triade sont supérieurs à ceux obtenus dans le scénario traditionnel. Ce résultat est directement lié aux niveaux de productivité de bois obtenus dans les calculs de possibilité forestière des scénarios. Pour la première période (les cinq premières années), les revenus du scénario 1 sont de 13 % supérieurs à ceux du scénario traditionnel. Les revenus du scénario 2 sont quant à eux 19 % plus élevés que ceux obtenus pour le scénario traditionnel, et les revenus du scénario 3 sont de 3 % supérieurs à ceux du scénario traditionnel. Comme nous pouvons le constater à la figure 4.1, à partir de la période 7, les volumes du scénario 3 sont inférieurs à ceux obtenus au sein du scénario traditionnel. Par conséquent, de la période 7 à la période 16, la valeur des avantages obtenus dans le scénario 3 se trouve en dessous de la valeur des bénéfices produits dans le scénario traditionnel. La différence de la valeur de bénéfices entre ces deux scénarios varie beaucoup d'une période à l'autre, entre 1 % et 14 %. Seulement les revenus du scénario 2 restent constamment supérieurs à ceux du scénario traditionnel dans les quatre-vingts ans analysés, et dans ce cas, la différence de la valeur des avantages obtenus se situe entre 2 % et 19 %. Pour ce qui est des revenus du scénario 1, ils sont aussi supérieurs à ceux du scénario traditionnel, cependant, à partir de la période 9 la valeur des



bénéfices de ces deux scénarios est très proche affichant une différence d'entre 2 % et 5%.

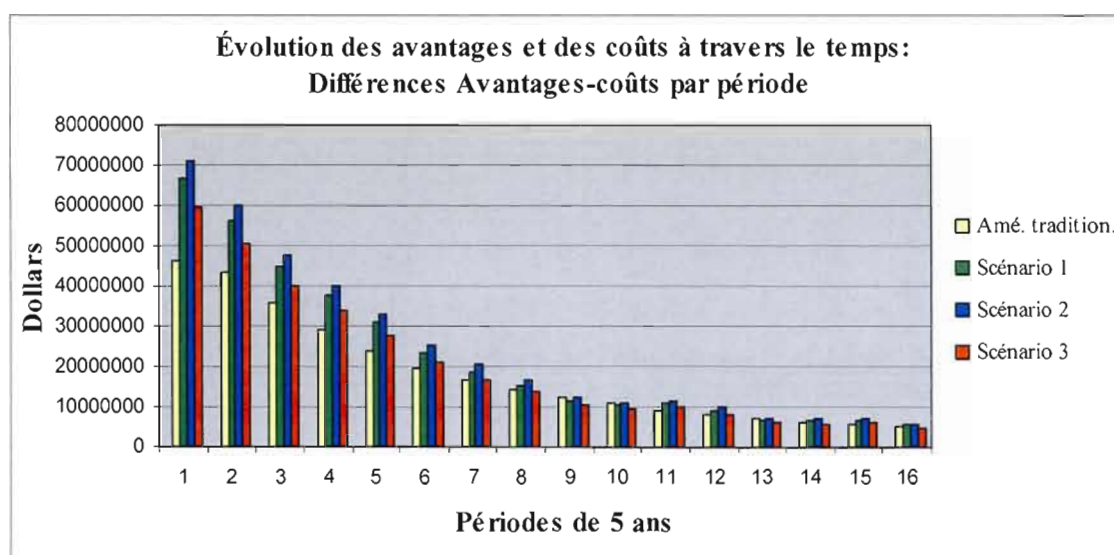
Le tableau 3.1 et la figure 3.4 illustrent les profits forestiers obtenus à travers le temps tandis que le tableau 3.1 et la figure 3.5 permettent de visualiser la Valeur actuelle nette (VAN) de chaque scénario. En matière de rentabilité financière, c'est le scénario 2 de la stratégie Triade qui se présente comme étant le plus avantageux des quatre scénarios. Le scénario 1 est le deuxième plus avantageux, affichant une VAN de 6.4 % plus bas que le scénario 2 pendant la période d'analyse. Vient ensuite le scénario 3, dont la rentabilité est 16 % inférieure à celle du scénario 2. Le scénario traditionnel finit en dernier, générant une VAN de 24 % inférieure à celle du scénario 2.

Le deuxième indicateur d'efficacité financière des scénarios utilisé dans le cadre de ce mémoire a été l'indice coût-avantage. Tant le scénario traditionnel que les scénarios Triade ont obtenus des indices supérieurs à l'unité. Ce facteur nous révèle que les quatre scénarios sont souhaitables pour ce qui est de la rentabilité puisqu'ils présentent des avantages qui dépassent les coûts (figure 3.7). Lors de notre analyse du tableau 3.2 et de la figure 3.6, nous avons remarqué que le scénario 2 montre un sommet important pendant la période 7, c'est-à-dire trente-cinq ans après le début du projet. Durant cette période, nous observons des diminutions de coûts liées à la ligniculture et à la voirie forestière en raison des estimations de superficies traitées. Un tel pic s'explique par l'écart entre les revenus et les coûts durant cette période, les premiers étant supérieurs aux seconds.

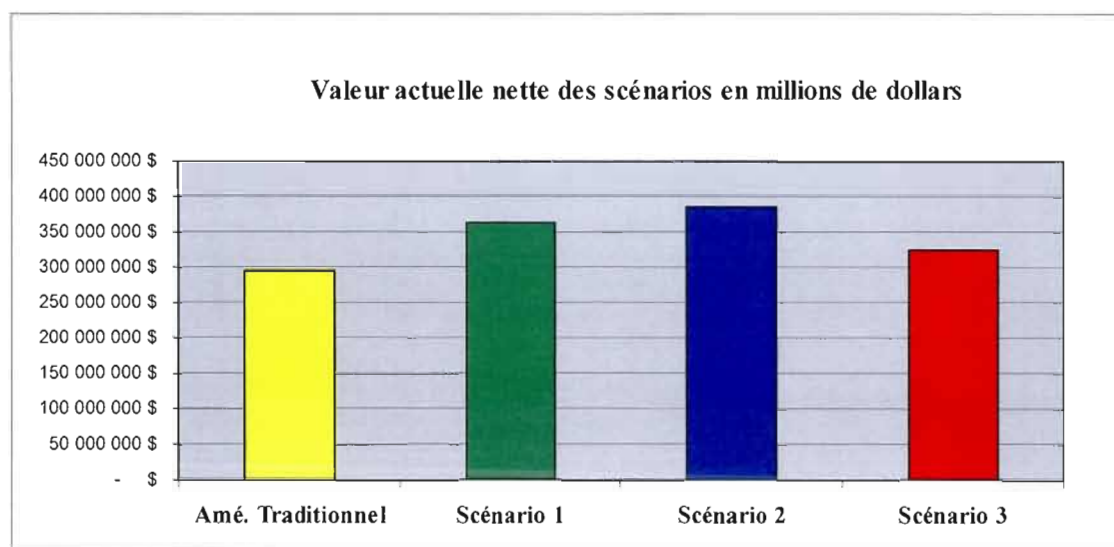
**Tableau 3.1**  
Rentabilité forestière des scénarios

Taux d'actualisation	Période	Avantages moins coûts (\$/an de la période 1 à 16)			
		Aménagement traditionnel	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
4%	1	46 107 913 \$	66 430 946 \$	70 914 702 \$	59 717 012 \$
	2	43 289 492 \$	56 213 370 \$	59 941 342 \$	50 462 548 \$
	3	35 575 704 \$	44 681 351 \$	47 711 627 \$	40 166 053 \$
	4	29 246 139 \$	37 817 821 \$	40 071 959 \$	33 743 369 \$
	5	24 040 516 \$	30 787 764 \$	32 869 447 \$	27 640 682 \$
	6	19 757 707 \$	23 509 340 \$	25 098 280 \$	21 135 250 \$
3%	7	16 705 319 \$	18 578 334 \$	20 702 273 \$	16 698 380 \$
	8	14 410 112 \$	15 474 266 \$	16 517 557 \$	13 910 383 \$
	9	12 434 342 \$	11 446 687 \$	12 220 676 \$	10 288 951 \$
	10	10 718 852 \$	10 448 216 \$	11 152 929 \$	9 391 626 \$
	11	9 251 813 \$	10 866 097 \$	11 600 161 \$	9 765 804 \$
	12	7 974 069 \$	9 247 953 \$	9 872 225 \$	8 311 690 \$
2%	13	7 086 747 \$	6 800 246 \$	7 262 321 \$	6 049 799 \$
	14	6 412 382 \$	6 553 311 \$	6 968 748 \$	5 891 655 \$
	15	5 809 003 \$	6 837 679 \$	7 298 191 \$	6 146 283 \$
	16	5 264 778 \$	5 561 094 \$	5 936 742 \$	4 998 695 \$
<b>Valeur actuelle nette VAN</b>		294 084 887 \$	361 254 476 \$	386 139 179 \$	324 318 179 \$





**Figure 3.4** Comparaison de la différence entre les avantages et les coûts de la stratégie d'aménagement traditionnelle et de la stratégie triade en utilisant un taux d'actualisation décroissant dans le temps de 4 % (1-30 ans), 3 % (30-60), et 2 % (60-80). (Périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans).

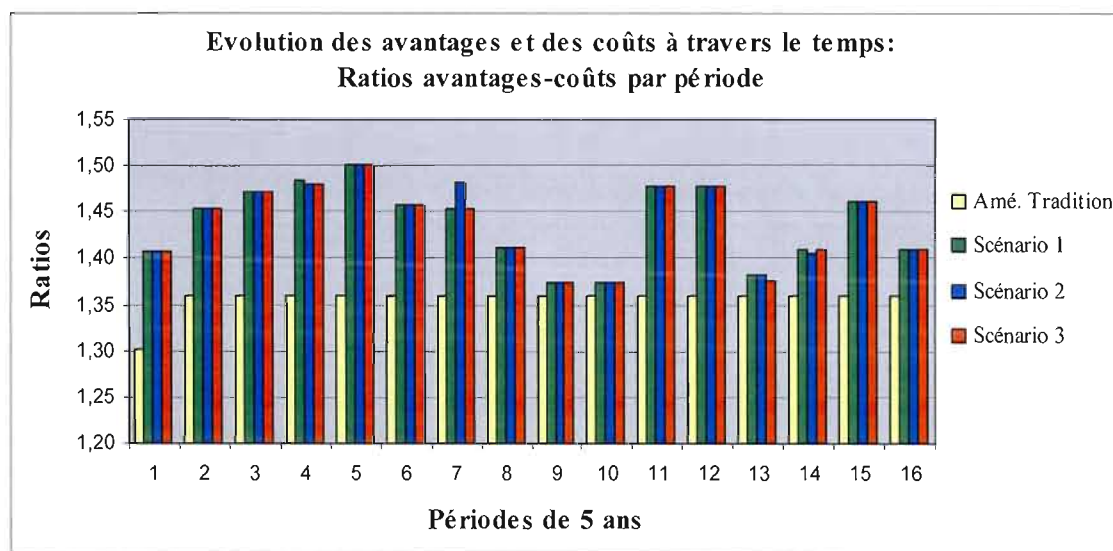


**Figure 3.5** Comparaison de la VAN (Valeur Actuelle Nette) des scénarios durant la période analysée (80 ans).

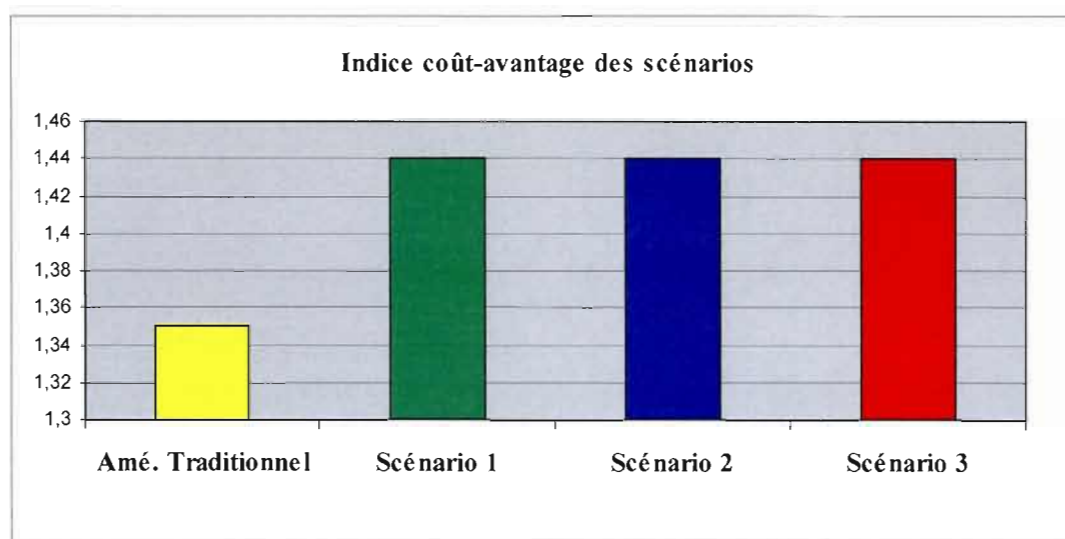
**Tableau 3.2**  
Évolution des avantages et des coûts à travers le temps :  
Ratios avantages coûts par période

Période	Ratios avantages-coûts A/C			
	Amé. Traditionnel	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1	1,30	1,41	1,41	1,41
2	1,36	1,45	1,45	1,45
3	1,36	1,47	1,47	1,47
4	1,36	1,48	1,48	1,48
5	1,36	1,50	1,50	1,50
6	1,36	1,46	1,46	1,46
7	1,36	1,45	1,48	1,45
8	1,36	1,41	1,41	1,41
9	1,36	1,37	1,37	1,37
10	1,36	1,37	1,37	1,37
11	1,36	1,48	1,48	1,48
12	1,36	1,48	1,48	1,48
13	1,36	1,38	1,38	1,38
14	1,36	1,41	1,41	1,41
15	1,36	1,46	1,46	1,46
16	1,36	1,41	1,41	1,41

\* A : avantages; C : coûts



**Figure 3.6** Comparaison des rapports avantages-coûts de la stratégie d'aménagement traditionnelle et de la stratégie triade (périodes de cinq ans, durant quatre-vingts ans).



**Figure 3.7** Comparaison de l'indice coût-avantage des scénarios durant la période analysée (80 ans).

### 3.3 Analyse de sensibilité

Comme il a été mentionné dans la section méthodologie, nous avons évalué la sensibilité de la VAN avec une variation de trois facteurs financiers : le taux d'actualisation, les coûts d'aménagement et les revenus. Les résultats de l'analyse sont présentés au tableau 3.3 et permettent de voir la sensibilité de chacun des facteurs étudiés.

#### 3.3.1 Taux d'actualisation

Les résultats du tableau 3.3 montrent que la modification du taux d'actualisation influence de façon considérable les quatre scénarios. Cependant, la VAN du scénario d'aménagement traditionnel a une variation légèrement supérieur à celle des scénarios Triade. La variation de 3 % aux taux décroissants (4 %, 3 %, et 2 %) est celle qui a le moins d'impact sur la VAN comparativement aux autres variations. Ce résultat est tout à fait logique, puisque dans le cas des taux décroissants, il n'y a pas de variation du taux d'actualisation entre les périodes 7 et 12 puisque le taux durant ces périodes est de 3 %. De plus les périodes 13 à 16 montrent un taux plus bas à 2 %. Cette situation influence la valeur finale de la VAN. Les

résultats suggèrent que la sensibilité de la VAN à l'augmentation du taux d'actualisation est élevée. Dans le cas de la modification de 3 % à 4 % il y a une réduction entre 20.63 % et 21.16 % selon le scénario, et cette réduction continue à progresser dans la variation de 3 % à 5 % où la réduction se situe entre 34.87 % et 35.69 %.

### 3.3.2 Coûts d'aménagement

La modification de la valeur du coût d'aménagement engendre des variations non négligeables de la rentabilité des scénarios. Le scénario d'aménagement traditionnel est d'avantage sensible à l'augmentation de 5 % et 10 % de la valeur des coûts, la VAN est alors diminué de 14.36 % à 28.73 %. Les trois scénarios Triade se comportent de façon similaire puisque ils ont des profils très voisins et réguliers, nonobstant ils sont aussi sensibles à des variations de la valeur des coûts. Les résultats nous indiquent que le point de rupture du scénario d'aménagement traditionnel se situe à 35 %, c'est-à-dire qu'une augmentation de 35 % de la valeur des coûts rendrait ce scénario non-rentable. Les scénarios Triade ont 10 % de plus de marge de manœuvre que le scénario d'aménagement traditionnel, leur point de rupture se situe à 45 %. L'analyse des résultats nous amène donc à conclure que la modification des coûts d'aménagement a une influence plus importante sur la rentabilité du scénario traditionnel que sur celle des scénarios Triade.

### 3.3.3 Revenus

L'estimation de la VAN de tous les scénarios est d'avantage influencée par la valeur des revenus que tout autre facteur. La réduction de la VAN est plus importante dans le cas du scénario d'aménagement traditionnel, soit dans la réduction des revenus de 5 % (-19.36 %) ou soit dans la réduction de 10 % (-38.73 %). Ce résultat démontre que les revenus qui pourront être obtenus sont plus sensibles pour ce scénario. Néanmoins, les scénarios Triade ont un comportement similaire à celui du scénario d'aménagement traditionnel, l'analyse global des résultats nous indique que

les revenus est aussi le facteur qui affecte le plus la VAN de ces scénarios. Le scénario 3 (Conservation 20 %; aménagement écosystémique 40 % et production forestière 40 %) se révèle comme le plus sensible des scénarios Triade aux variations de la valeur des revenus. Le scénario d'aménagement traditionnel présent le point de rupture le plus bas des scénarios soit, une diminution de 26 % de la valeur des revenus rendrait ce scénario non-rentable.

**Tableau 3.3**  
Sensibilité de différents facteurs financiers dans chacun des scénarios

		Variation de la VAN (%)			
Facteurs Financier	Scénarios	3% - Taux décroissants (4%-3%-2%)			
		3% - 4%		3% - 5%	
Taux d'actualisation	Amé. Traditionnel	-16.11%		-21.16%	
	Scénario 1	-15.81%		-20.64%	
	Scénario 2	-15.83%		-20.64%	
	Scénario 3	-15.81%		-20.63%	
Coûts d'aménagement		Augmentation des coûts de 5 %		Augmentation des coûts de 10 %	
	Amé. Traditionnel	-14.36%		-28.73%	
	Scénario 1	-11.28%		-22.55%	
	Scénario 2	-11.25%		-22.51%	
	Scénario 3	-11.30%		-22.59%	
Revenus		Diminution de revenus de 5 %		Diminution de revenus de 10 %	
	Amé. Traditionnel	-19.36%		-38.73%	
	Scénario 1	-16.28%		-32.55%	
	Scénario 2	-16.25%		-32.51%	
	Scénario 3	-16.30%		-32.59%	
		Point de rupture du projet (%)		Point de rupture du projet (%)	
		35%		45%	
		45%		45%	
		45%		45%	
		45%		45%	

## CHAPITRE IV DISCUSSION

La théorie traitant de l'éco-efficacité expose qu'il s'agit d'un outil de gestion important dans le milieu des entreprises, grâce auquel les innovations en technologie, en production et en procédés peuvent engendrer une diminution des coûts, une moindre utilisation des matériaux et une diminution des effets néfastes sur l'environnement (Canada, 2000). À partir de cet énoncé, nous avons considéré trois éléments principaux afin d'analyser l'éco-efficacité des stratégies d'aménagement du territoire :

- La productivité forestière et financière
- La diminution des coûts et de l'intensité d'utilisation des ressources
- L'atteinte des objectifs de production et le respect des valeurs écologiques

### 4.1 Productivité forestière et financière

Le premier objectif fixé dans cette étude était de déterminer la possibilité d'implanter la stratégie Triade sans subir de pertes financières importantes en raison des réductions de superficies productives du territoire dues à la conservation, de possibles réductions de volume, et d'obtenir en même temps des gains financiers.

À partir de l'analyse des scénarios créés, nous avons pu constater que malgré l'instauration de superficies dédiées à la conservation, les stratégies de zonage des scénarios Triade sont autant ou plus productives en termes de volume de bois que le scénario traditionnel, sauf lors du recours à la stratégie avec la plus grande superficie attribuée à la conservation, qui présente les niveaux les plus bas. Cependant, les indicateurs d'efficacité financière choisis (la Valeur Actuelle Nette et l'indice coût-avantage) indiquent que la stratégie d'aménagement traditionnelle est rentable, mais

ils suggèrent que les stratégies de zonage sont encore plus avantageuses, étant donné que les revenus sont directement liés aux volumes obtenus.

Selon le calcul de la possibilité forestière, les stratégies de zonage ayant plus de superficies en aménagement écosystémique (scénario 1 (69 %), scénario 2 (75 %)) sont suffisamment productives, mais requièrent l'appui des zones de production forestière pour atteindre les niveaux nécessaires en termes de bois et afin d'obtenir un bon rendement financier. La proportion de superficie attribuée à la production forestière dans les stratégies de zonage précédentes (20 % scénarios 1 et 2) semble appropriée pour l'atteinte de ces objectifs. En faisant une comparaison entre ces deux stratégies, le zonage qui donne le plus de superficie totale à la production, y compris l'aménagement écosystémique, (scénario 2 (95 %)) procure les meilleurs résultats financièrement parlant. Cependant, cette stratégie amène beaucoup de coûts fixes non reliés aux volumes de bois, ce qui la rend plus vulnérable à une diminution de la demande, donc, sa supériorité en superficie (6 %) ne représenterait pas à long terme un gros avantage économique, d'autant plus qu'elle pourrait fournir de meilleurs avantages écologiques si elle était destinée à la conservation.

Pour ce qui est de la production de bois, la stratégie de zonage avec la plus grande superficie attribuée aux zones de conservation (scénario 3 (20 %)) est la moins productive, lorsque comparée aux autres stratégies de zonage et à la stratégie d'aménagement traditionnelle. Son niveau de production est directement lié à la proportion aménagée du territoire, 80 % de la superficie totale. Par ailleurs, ses coûts d'aménagement sont les plus bas. Les résultats globaux de cette stratégie de zonage révèlent que sa valeur actuelle nette est supérieure à celle du scénario qui n'a pas de zones de conservation (scénario traditionnel), puisque les coûts annuels des activités de ce dernier sont plus élevés, ce qui laisse un écart plus petit entre les revenus et les coûts. En conséquence, les revenus du scénario 3 sont moindres, mais la différence entre ses coûts et ses revenus est supérieure. Inversement, si nous établissons une comparaison entre les stratégies de zonage, nous observons que celle qui a la plus grande zone de conservation présente la rentabilité la plus basse. De plus, le calcul de



la possibilité forestière indique une diminution importante de la production de matière ligneuse dans cette stratégie à partir de la période 7, c'est-à-dire 35 ans après l'implantation du projet. Cette situation nous amène à conclure que ce scénario ne permettrait probablement pas de produire les volumes annuels nécessaires au soutien à long terme de l'industrie forestière.

#### 4.2 Diminution des coûts et de l'intensité de l'utilisation des ressources

Le deuxième objectif fixé dans cette étude était de déterminer si les scénarios Triade sont moins, autant ou plus coûteux en termes financiers que la stratégie d'aménagement traditionnelle.

Nos résultats suggèrent que les scénarios Triade sont plus efficaces et moins coûteux dans deux postes principaux : 1) la sylviculture (sans inclure les traitements effectués dans les plantations à rendement élevé, afin de réaliser une comparaison équitable avec le scénario traditionnel) et 2) la voirie forestière. Cependant, il faut être prudent, puisque nous sommes présentement dans la troisième année de la première période, or donc, seuls le temps et la continuité des opérations nous permettront de valider les informations obtenues.

Traditionnellement, la réalisation de coupes totales a été largement basée sur des considérations économiques : elles sont les coupes les moins chères à réaliser, elles permettent d'obtenir un plus grand volume de bois et elles facilitent la régénération artificielle avec des espèces d'arbres économiquement appropriées dans les zones de coupe (Keenan et Kimmins, *dans* Roscnvald et Löhmus, 2007). Néanmoins, selon nos résultats et contrairement à ce que nous pourrions penser, à long terme, les travaux sylvicoles au sein du scénario traditionnel engageraient des coûts annuels qui diminueraient sa marge bénéficiaire comparativement aux scénarios Triade. Nos analyses nous montrent que les coûts annuels de réalisation du scénario d'aménagement traditionnel sont supérieurs à ceux des scénarios Triade. Cette situation est principalement due aux superficies traitées. Dans le cas de la stratégie

d'aménagement traditionnel, la proportion du territoire traité (ha/an) est 38 % supérieure à celle du scénario 1, 33 % supérieure à celle du scénario 2 et 44 % supérieure à celle du scénario 3. Le but de la sylviculture est d'aménager la forêt pour atteindre le rendement prévu dans l'unité d'aménagement forestière (Québec, MRNF, 2003; Bérard, 1996). La réalisation des traitements sylvicoles devient un aspect plus important dans le scénario traditionnel, car sa stratégie d'aménagement est davantage fondée sur l'exécution des coupes totales comme les CPRS et les CPHRS. Après avoir effectué ces types de coupe, il est donc nécessaire de ramener le territoire aux conditions favorables à la régénération naturelle, ou d'établir la régénération artificielle.

En théorie, les objectifs d'aménagement de chacune des aires de coupes partielles effectuées dans la zone écosystémique des stratégies Triade (scénario 1 (69 %), scénario 2 (75 %) et scénario 3 (40 %)) permettent de diminuer les superficies du territoire aménagées avec le reboisement ou d'autres traitements sylvicoles, puisqu'elles-mêmes procurent des conditions favorables à la régénération naturelle, au maintien d'un certain pourcentage du peuplement, et permettent d'atténuer les effets des perturbations engendrées par l'aménagement forestier comparativement aux CPRS. Étant donné que les coûts de récolte des coupes partielles auraient pu être sous-estimés, étant donné l'état actuel des connaissances ainsi que les possibles variations de prix, nous avons effectué une analyse de sensibilité. Cette analyse nous a permis de déterminer qu'une augmentation de 45 % de la valeur des coûts rendrait les scénarios Triade non rentables, ce qui laisse une bonne marge de manœuvre dans le cas où le coût des coupes partielles serait plus élevé.

En ce qui concerne la voirie forestière, nos résultats révèlent que les scénarios Triade sont moins coûteux que le scénario traditionnel. Il est important de remarquer que les résultats obtenus dans ce poste se basent sur l'hypothèse que dans les scénarios Triade, il n'y a pas de chemins construits dans les zones de conservation; les pourcentages des territoires dédiés à ces zones (11 % dans le scénario 1, 5 % dans

le scénario 2 et 20 % dans le scénario 3) ont donc été enlevés du calcul de coûts, ce qui entraîne une réduction considérable comparativement aux coûts du scénario traditionnel. Cependant, l'étude réalisée par Volpé (2007) indique que l'aménagement écosystémique combiné à la spatialisation des coupes partielles pourrait provoquer une dispersion marquée des aires de coupe et en conséquence, une augmentation des coûts de construction et d'entretien du réseau routier. Les analyses de l'étude mentionnée ont été réalisées uniquement dans le cadre de la gestion écosystémique d'un territoire, ce qui nous permet de voir et de confirmer l'importance qu'ont les différentes zones de la stratégie d'aménagement Triade dans la gestion intégrale du territoire, du fait qu'elles permettent de compenser ou de balancer les résultats produits dans chacune des zones de façon individuelle. Par exemple, plusieurs auteurs ont suggéré que les zones d'aménagement intensif d'où provient une grande partie du volume de matière ligneuse devraient être près des usines afin de diminuer les coûts de construction et d'entretien des routes.

Dans les zones d'aménagement intensives, nous retrouvons les plantations à croissance rapide où les espèces utilisées sont les peupliers hybrides et les mélèzes hybrides. Il est intéressant de voir que, malgré le fait que ces plantations représentent un investissement additionnel de la stratégie Triade (incluant la formation de la main d'œuvre pour réaliser les activités d'aménagement et de ligniculture), leurs coûts d'exploitation n'auraient pas une incidence très importante sur l'augmentation des coûts d'aménagement. La compagnie Abitibowater prévoit récolter ces plantations de PEH quand celles-ci auront atteint l'âge de vingt-cinq à trente-cinq ans, et celles de MEH quand elles auront entre vingt-cinq et quarante-cinq ans. Nous n'avons pas de données concernant les coûts reliés à la récolte de la plantation. Néanmoins, des facteurs pourraient rendre les coûts de récolte moins élevés qu'en forêt naturelle : les espacements dans les plantations sont plus uniformes et celles-ci seront probablement placées sur des terrains moins accidentés que la moyenne. Selon la littérature, il est avantageux en matière de coûts de transport que les activités de foresterie intensive soient limitées à un rayon de 100 km des usines pour diminuer la distance parcourue entre celles-ci et la plantation (Bigué, 2004).

#### 4.2.1 Avantages non-marchands des stratégies Triade

La zone d'aménagement écosystémique établie dans la stratégie de zonage Triade cherche à obtenir un équilibre entre la protection des systèmes naturels et leur utilisation pour rencontrer les demandes de l'industrie et de la société (Mitchell et Beese, 2002 *dans* Volpé, 2007). C'est pour cette raison qu'il est important de tenir compte non seulement des coûts et des avantages monétaires de l'aménagement écosystémique, mais également de ses avantages sociaux et environnementaux (Volpé, 2007). Comme nous l'avons déjà décrit, le but visé par le système sylvicole dans la stratégie d'aménagement Triade est de récolter le potentiel de production du territoire et, en même temps, de répondre aux enjeux écosystémiques qui sont définis comme des problèmes, réels ou appréhendés, susceptibles d'affecter la viabilité à long terme des écosystèmes forestiers (Gauthier et al., 2008). Les systèmes sylvicoles effectués traditionnellement visent de façon générale le prélèvement des forêts matures et surannées afin de rencontrer des objectifs de production fixés. Cette situation entraîne des pertes considérables des massifs forestiers et la normalisation des classes d'âge des forêts au niveau du paysage en comparaison à une forêt naturelle dynamisée par des perturbations, telles que les feux (Bergeron et al., 2001; Gauthier et al. 2008). Dans le cas précis de la Mauricie, on observe une raréfaction générale des vieux peuplements; les vieilles forêts ne couvrent que 27 % de la superficie naturellement couverte par celles-ci dans l'érablière à bouleau jaune, 14 % dans la sapinière à bouleau jaune, 22 % dans la sapinière à bouleau blanc, et 7 % dans la pessière noire à mousse (Tittler, 2010). Sous un cycle de feu de 150 ans, plus d'un tiers des forêts serait âgé de 150 ans et plus et 55 % serait âgé de 100 ans ou plus (Bergeron et al., 1999).

L'atteinte de chacun des objectifs proposés pour répondre aux enjeux écosystémiques représente de multiples bénéfices non-marchands de la stratégie. Il est important de préciser que cette étude se limite à une analyse des coûts et à l'identification des avantages non-marchands à partir de la littérature. Donc, nous pourrions dire que certains des principaux avantages non-marchands des traitements

sylvicoles et des coupes partielles à l'intérieur de la zone écosystémique dans la région de la Mauricie sont:

- L'augmentation des peuplements avec des structures irrégulières;
- La rétention plus grande d'arbres et de bouquets d'arbres;
- L'augmentation des éléments structuraux laissés sur les parterres de coupe;
- L'augmentation des conditions favorables à la régénération des essences en raréfaction sur le territoire.

Les chemins représentent souvent la première perturbation humaine à l'intérieur de la forêt, puisqu'ils permettent l'accessibilité au territoire. La construction de la voirie forestier pour accéder à la matière ligneuse conduit, à plus ou moins long terme, à une utilisation intensive du territoire comprenant l'exploitation contrôlée de la faune, l'exploitation minière et hydroélectrique, la construction résidentielle, le tourisme, les loisirs de plein air, la cueillette de plantes et de champignons, la navigation de plaisance et la très forte utilisation de véhicules hors route comme les motoneiges, les VTT, etc. (Bourgeois, Kneeshaw et Boisseau, 2005). Parmi les impacts les plus importants du réseau routier à l'échelle du paysage se trouvent la fragmentation des habitats et la perte de la biodiversité (Forman et al., 1998). Une revue de la littérature nous a permis d'établir que plusieurs chercheurs proposent comme possible solution aux impacts produits par les chemins forestiers la protection de vastes territoires intacts et la diminution de la construction de routes (Bourgeois, Kneeshaw et Boisseau, 2005; Forman et Alexander, 1998; Underhill et Angold, 2000). Sur l'ensemble du territoire, la stratégie Triade pourrait répondre à ce critère au moyen des zones de conservation. La diminution du réseau routier peut apporter quatre avantages non-marchands fondamentaux dans la protection de la biodiversité :

- La diminution de l'utilisation du territoire;
- La protection des habitats;
- La diminution de la mortalité animale due aux collisions avec les véhicules;

- La diminution de l'altération de l'environnement physique et chimique de l'écosystème forestier.

Toutefois, tel que suggéré par Bourgeois, Kneeshaw et Boisseau (2005), il serait nécessaire d'élaborer des plans intégrés de gestion des voies d'accès qui permettraient de contribuer à la conservation des forêts intactes.

La littérature nous indique que l'ensemble des avantages non-marchands mentionnés sont des éléments clés dans la conservation de la biodiversité, et en conséquence dans le maintien de la résilience des écosystèmes forestiers (Abbadie et Lateltin, 2005), puisque les différentes réponses des organismes et leurs interactions permettent à l'écosystème de se récupérer et de faire face au stress induit par les perturbations naturelles (épidémies, feux) ou les perturbations anthropiques (aménagement forestier). Gauthier et al. (2008) ont souligné que le maintien des écosystèmes viables demeure la meilleure garantie dont nous disposons pour assurer la pérennité des biens et des services tirés de la forêt (y compris l'approvisionnement en matière ligneuse), ainsi que la conservation de toute la potentialité qu'elle peut encore offrir.

À la lumière des résultats obtenus, la transition vers l'implantation de la stratégie d'aménagement Triade n'amènerait pas seulement des avantages non-marchands à caractère environnemental ou écologique, mais elle pourrait aussi produire de multiples avantages non-marchands au niveau social. Quatre des principaux avantages sont les suivants :

- La création et le maintien d'emplois permanents et saisonniers;
- Le maintien du niveau d'approvisionnement en bois des usines du territoire;
- L'augmentation des espaces de loisir et des activités de chasse, de pêche, de piégeage, de villégiature et de récréotourisme;
- La conservation des territoires témoins des écosystèmes forestiers.

#### 4.3 L'atteindre des objectifs de production et le respect des valeurs écologiques

La présente étude nous a permis de constater l'importance qu'a, dans le cadre de la stratégie de zonage Triade, le pourcentage de territoire attribué à chaque zone d'aménagement (de conservation, écosystémique et de production forestière) dans la rencontre des objectifs de production.

Les pourcentages attribués aux trois scénarios Triade évalués ne révèlent pas la formule parfaite de distribution de chacune des zones. Toutefois, ils nous permettent d'identifier entre quelles valeurs il serait favorable de diviser le territoire afin d'obtenir les meilleurs résultats en termes d'éco-efficacité.

Nos résultats suggèrent que le scénario 1 ait une distribution du territoire qui pourrait permettre un équilibre entre les besoins de l'industrie forestière et une stratégie pour maintenir l'écosystème forestier. Au total, 11 % du territoire est attribué à la conservation; ces territoires contribueraient à la conservation des vieilles forêts et de leur potentiel biologique et faunique. Comme nous l'avons déjà décrit, le scénario 1 est financièrement rentable, car même si l'on n'y consacre que 20 % du territoire à la production forestière et 69 % à l'aménagement écosystémique, cette répartition suffit à l'atteinte de bons résultats. Le scénario 2, quant à lui, procure les meilleurs résultats en matière de productivité et en matière économique, puisque 75% du territoire est dédié à l'aménagement écosystémique et 20 % à la production forestière. Par contre, il attribue seulement 5 % à la conservation, situation qui n'est pas compatible avec les objectifs d'augmentation de la proportion des zones de conservation de la stratégie Triade. En ce qui concerne le scénario 3, 40 % de la superficie de l'UAF y est dédié à l'aménagement écosystémique et 40 % à la production forestière. Néanmoins, 20 % de cette superficie est attribué à la conservation. L'analyse de ce scénario nous révèle donc qu'en distribuant le territoire de la façon décrite, l'intensité de l'utilisation du territoire serait augmentée par la zone de production forestière, et une diminution considérable du niveau de la productivité serait provoqué par la zone de conservation. Les éléments précédents

nous amènent donc à conclure qu'afin d'obtenir les meilleurs résultats aux niveaux économique et écologique, la proportion du territoire accordée à la zone de conservation ne doit être ni inférieure à 6 %, ni supérieure à 20 %. La proportion accordée à la zone écosystémique, quant à elle, ne devrait être ni inférieure à 50 %, ni supérieure à 70 %, et la proportion de la zone de production forestière ne devrait être ni inférieure à 20 %, ni supérieure à 30 %.

Bien qu'un débat subsiste sur le pourcentage attribuable à la zone de conservation et qu'il existe plusieurs opinions par rapport à la proportion à accorder aux zones écosystémique et de production forestière, les différents intervenants dans le milieu forestier devront accepter certains compromis, tant au niveau économique qu'au niveau écologique, pour arriver au choix du scénario Triade qui répond le mieux aux besoins de la société en général.

#### 4.4 Analyse critique et recommandations

La présente étude constitue un des premiers pas dans l'évaluation de l'éco-efficacité des stratégies de zonage et en conséquence de la stratégie d'aménagement Triade. Les principaux aspects nécessaires à notre objectif de recherche ont été couverts. Toutefois, les analyses réalisées demeurent prospectives. c'est-à-dire que nous avons élaboré des scénarios possibles en nous basant sur les données actuellement disponibles. Les connaissances sur les zones qu'intègre la stratégie d'aménagement Triade sont en constante évolution. Il devient donc important de réaliser dans le futur des ajustements et d'effectuer des évaluations plus pointues qui permettront d'approfondir les sujets suivants :

- 1) L'éco-efficacité est une stratégie de gestion employée pour améliorer la performance environnementale de procédés en diminuant les coûts des activités (Canada, 2000). Dans le cadre de cette étude, nous avons identifié à partir de la littérature les possibles avantages découlant des améliorations réalisées dans les interventions forestières. Il serait important d'évaluer de



façon plus complète les effets sur l'environnement et les avantages non-marchands de la stratégie Triade.

- 2) Les calculs effectués dans cette étude sont basés sur les hypothèses des calculs de possibilité forestière effectués dans chaque stratégie (stratégie Triade et stratégie d'aménagement traditionnelle). Lors de la réalisation de ces calculs de possibilité, les perturbations naturelles (feux, épidémies) ne sont pas prises en compte. D'ailleurs, le territoire de l'UAF 042-51 a été affecté par le feu durant l'été de l'année 2010; pendant cette perturbation, 84 000 ha de forêt ont été brûlés, ce qui représente 10 % du territoire. Pour l'ensemble de la région de la Mauricie, les volumes bruts affectés par le feu ont été de 4 995 600 m<sup>3</sup> d'essences résineuses et 1 826 200 m<sup>3</sup> d'essences feuillues, desquelles seulement 30 à 35 % sont des volumes récupérables (Moreau, 2010). Cette situation pourrait faire varier les résultats de l'analyse réalisée. C'est pour cette raison qu'il serait intéressant d'évaluer, lors des prochaines études, les impacts économiques des perturbations naturelles dans le cadre de la stratégie Triade.
  
- 3) Les coupes partielles pourraient faire diminuer le nombre de chemins construits. Cette situation serait principalement due à la rétention d'une partie des arbres du peuplement réalisé dans ces types de coupes qui, par conséquent, favorisent l'augmentation du débusquage et la diminution de la quantité de chemins construits. En effet, ces derniers sont tracés de façon à optimiser les distances de débusquage. On vise ainsi à ne pas construire de routes à moins de 300 à 600 mètres du centre des assiettes de coupe. Une telle approche n'a pas été évaluée lors de cette étude. Il serait important pour l'avancement des connaissances de réaliser des études plus pointues sur les coûts et les impacts environnementaux de la voirie forestière dans le cadre la stratégie Triade.

## CONCLUSION

L'objectif principal de la présente étude était d'évaluer si le zonage fonctionnel est une option éco-efficace, en fonction des innovations et des changements proposés dans les pratiques d'aménagement forestières réalisées de façon traditionnelle. De cette façon, il était possible d'établir si cette nouvelle stratégie d'aménagement du territoire apporterait non seulement des avantages environnementaux, qui sont déjà largement étudiés, mais des avantages économiques.

Les principaux résultats obtenus dans notre étude indiquent que la stratégie d'aménagement Triade permet d'obtenir de meilleurs résultats quant à la rentabilité que la stratégie traditionnelle. L'analyse des indicateurs de performance des scénarios, soit la valeur actuelle nette (VAN) et l'indice coûts-avantages, montre un comportement favorable relativement aux quatre options, c'est-à-dire que la VAN est plus grande que zéro ( $A - C > 0$ ). Les ratios des indices coûts-avantages de 1,3 ( $A/C > 1$ ) indiquent l'augmentation nette de la valeur de la production par rapport à la valeur initiale (Anderson et Settle, 1990).

L'analyse individuelle des scénarios montre que l'aménagement traditionnel est une stratégie de gestion du territoire convenable en termes financiers, mais moins pertinente en termes écologiques, puisqu'elle pourrait accroître les possibilités de diminution des massifs forestiers et la normalisation des classes d'âge, des éléments qui sont critiques dans la perte de la biodiversité (Bergeron et al., 2001; Gauthier et al., 2008; Abbadie et Lateltin, 2005; Côté, 2007). La stratégie de zonage avec la plus grande superficie attribuée aux zones de conservation (scénario 3) est celle qui s'éloigne le plus des objectifs de durabilité. À long terme, la stratégie mentionnée est la moins productive en termes de bois et entraîne l'augmentation de l'intensité de l'utilisation du territoire, situation qui est causée par le pourcentage de superficie attribué à la zone de production forestière (40 %). La stratégie ayant la plus grande

superficie en aménagement écosystémique (scénario 2) se révèle comme la plus productive en termes de bois des quatre scénarios. Cependant, le fait de n'attribuer que 5 % à la zone de conservation la rend moins désirable en ce qui concerne l'atteinte des objectifs de protection de la biodiversité. La stratégie d'aménagement proposée par le groupe de support du projet Triade (conservation 11 %, aménagement écosystémique 69 % et production forestière 20 %) s'avère comme celle qui procure les meilleurs résultats afin de répondre aux besoins de l'industrie et de maintenir l'écosystème forestier, grâce à l'équilibre donné par les pourcentages de superficies accordés à chacune de ces zones.

La rentabilité des scénarios évalués est d'avantage influencée par la variation de la valeur des revenus obtenus. Cependant, nous avons pu déterminer qu'il faudrait une diminution de 31 % de la valeur des revenus pour que les scénarios Triade deviennent non rentables. Également, nous avons constaté que la rentabilité procurée par la stratégie d'aménagement traditionnelle est la plus sensible aux variations dans les revenus; une diminution de 26 % de ces derniers rendrait cette stratégie non rentable. Toutefois, ce sont les conditions du marché qui déterminent si les entreprises forestières peuvent générer des profits (Volpé, 2007).

Depuis les dernières décennies, de multiples efforts ont été réalisés au Québec afin d'améliorer les procédés des interventions sylvicoles dans le but de protéger la biodiversité et de répondre aux besoins de l'industrie et de la société en général. L'aménagement forestier connaît une période de redéfinition, dans laquelle l'objectif principal est de concilier des coûts efficaces de production de bois avec le maintien de la biodiversité et la productivité à long terme des écosystèmes sous aménagement (Bergeron et al., 1999). Il est clair maintenant que réaliser un virage dans la stratégie de gestion du territoire implique des investissements et des efforts importants de la part de l'industrie, des différents intervenants sur le territoire et du gouvernement. Il est aussi évident qu'afin de réaliser les changements nécessaires, l'option ou le projet retenu doit procurer de bons résultats au niveau financier, puisque du point de vue du développement durable, il est important de considérer tant les aspects

environnementaux que les aspects économiques et sociaux. À la lumière des résultats obtenus, la stratégie d'aménagement forestière traditionnelle est une option rentable, mais il est de la responsabilité des intervenants de décider si les possibles avantages non-marchands procurés par la stratégie d'aménagement du zonage fonctionnel renforcent les résultats financiers obtenus afin de prendre une décision et de choisir une des options.

Au niveau mondial, les industries et les entreprises de tous les secteurs sont de plus en plus confrontées au besoin d'innover dans leurs procédés de production afin d'intégrer la protection de l'environnement. Tout au long de cette étude, nous avons pu constater cette situation dans le cas concret de l'industrie forestière, où la complexité de la gestion du territoire a mené à la recherche et à l'amélioration de l'efficacité de la stratégie d'aménagement forestier. Au cours des dernières décennies, nous avons aussi pu voir dans plusieurs pays du monde l'augmentation progressive du nombre de programmes gouvernementaux qui encouragent les entreprises et les industries à adopter des techniques de gestion plus éco-efficaces. Citons des pays comme le Japon, les Pays-Bas, les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni, et plusieurs autres pays européens, entre autres. Ces programmes cherchent de façon générale à encourager la mise au point de produits écologiques dans les industries, ce qui contribue à réduire au minimum les effets des polluants toxiques et dangereux et les impacts du cycle de vie des produits, ainsi qu'à diminuer les coûts de production.

En tenant compte du concept de base de l'éco-efficacité, la présente étude a permis de constater que le zonage fonctionnel dans le cadre de la Triade pourrait être considéré comme une stratégie d'aménagement du territoire éco-efficace, puisqu'il permet de produire plus de volumes et d'avantages non-marchands, et ce, en ayant recours à moins de ressources, en raison de la réduction des superficies aménagées à des fins de production.

Cette étude a aussi permis d'adapter le concept de l'éco-efficacité comme moyen d'évaluation de la performance des initiatives de gestion du territoire forestier,

ce qui n'avait pas été fait auparavant. C'est ce qui nous permet de conclure que l'éco-efficacité ne constitue pas seulement une initiative d'amélioration des procédés auprès des entreprises de fabrication, mais un outil d'évaluation de la performance environnementale et économique de la gestion du territoire forestier.

Cette étude ne prétend pas être la conclusion de l'évaluation de l'éco-efficacité du zonage fonctionnel, mais souhaite ouvrir la porte à de nouvelles recherches qui permettront de faire avancer les connaissances sur ce concept au sein de la stratégie Triade

## GLOSSAIRE

Âge d'exploitabilité. Âge où un peuplement équienné peut faire l'objet d'une récolte en fonction des objectifs d'aménagement fixés.

Aire de croissance. Superficie variant entre 0,5 et 4 hectares et occupée par une plantation d'essence résineuse dans le but de maintenir une proportion résineuse à l'intérieur des peuplements mixtes.

Aménagement forestier. Application pratique des théories de la gestion forestière à l'administration d'une forêt et à la conduite des exploitations et des travaux à y exécuter, en vue d'objectifs à atteindre.

Balance commerciale. Différence entre la valeur monétaire des exportations et des importations de marchandises ou de biens et services. Si un pays exporte plus qu'il importe, il y a un surplus commercial; s'il importe plus qu'il exporte, il y a un déficit. La balance commerciale est une partie importante de la balance des paiements d'un pays.

Calcul de possibilité. D'une façon générale, calcul basé sur le volume et l'accroissement des peuplements, qui permet d'estimer le volume maximum de bois qu'il est possible de récolter annuellement et perpétuellement dans une unité d'aménagement donnée.

Coupe avec protection de la régénération et des sols. Récolte de tous les arbres dont le diamètre d'utilisation est au moins égal à celui déterminé pour chaque essence en prenant toutes les précautions nécessaires pour ne pas endommager la régénération préétablie et en minimisant les perturbations du sol.

Coupe avec protection de la haute régénération et des sols. Récolte de tous les arbres dont le diamètre est égal ou supérieur à la classe de 10 cm au dhp tout en préservant la haute régénération, c'est-à-dire les gaules des classes de dhp de 2 à 8 cm.

Coupe avec protection des petites tiges marchandes. Récolte variant entre 70 et 90% du volume marchand et au cours de laquelle la régénération, soit les gaules des classes de dhp de 2 à 8 cm ainsi que les petites tiges marchandes de classes de dhp de 10 à 14 cm, est soigneusement protégée.

Coupe avec réserve de semenciers. Mode de régénération par coupe à blanc comportant l'enlèvement du peuplement exploitable en une seule coupe, à

l'exception d'un petit nombre de semenciers laissés seuls ou en petits groupes. L'objet est de créer un peuplement équienné.

**Coupe d'assainissement.** Coupe des arbres surannés, endommagés ou vulnérables pour assainir la forêt. Ce traitement peut s'appliquer dans tous les peuplements qui ont une structure jardinée mais dont la proportion de bois de mauvaise qualité est trop élevée pour appliquer une coupe de jardinage, une coupe de préjardinage, une coupe de jardinage avec trouées ou une coupe de jardinage par pieds d'arbres et par groupe d'arbres et obtenir les surfaces terrières résiduelles exigées. Au maximum, deux interventions d'assainissement seront nécessaires afin que ces peuplements respectent les trois critères minimaux des forêts aptes au jardinage, soit la surface terrière initiale, le capital forestier après traitement et le capital forestier en croissance avant traitement.

**Coupe finale.** Dernière des coupes progressives qui éliminent les derniers semenciers du peuplement initial lorsque la régénération est considérée comme acquise.

**Coupe de jardinage.** Abattage ou récolte d'arbres choisis individuellement ou par petits groupes, dans une futaie de structure jardinée, pour l'amener ou la maintenir dans une structure jardinée équilibrée, en assurant les soins culturels nécessaires aux arbres en croissance et en favorisant l'installation des semis. Elle nécessite la récolte des arbres en tenant compte de l'ensemble des classes de diamètre des arbres se trouvant dans le peuplement.

**Coupe de jardinage avec trouées.** Superficie de 500 à 1 500 m<sup>2</sup> traitée pour favoriser la régénération des essences peu tolérantes à l'ombre.

**Coupe multicohortes.** Traitements où la manipulation des différentes cohortes (une cohorte correspond à un groupe d'arbres qui proviennent originellement de la même perturbation dans le peuplement) d'arbres permet de perpétuer la structure irrégulière du peuplement.

**Coupe partielle.** Terme général décrivant toute coupe enlevant une partie des arbres d'un peuplement.

**Coupe de préjardinage.** Abattage ou récolte d'arbres choisis individuellement ou par petits groupes, dans une futaie de structure jardinée pour l'amener à une structure propice au jardinage, en assurant les soins culturels nécessaires aux arbres en croissance et en favorisant l'installation des semis. Elle nécessite la récolte des arbres en tenant compte de l'ensemble des classes de diamètre des arbres se trouvant dans le peuplement.

**Coupe progressive d'ensemencement.** Abattage ou récolte d'arbres dans un peuplement d'arbres ayant atteint l'âge d'exploitation en favorisant la régénération naturelle produite à partir des semences provenant des arbres dominants et codominants du peuplement résiduel. Ce peuplement sera récolté lorsque la

régénération sera établie de façon satisfaisante, sans compromettre la survie de celle-ci.

Coupe progressive irrégulière. Modalité d'exécution du mode de régénération par coupes progressives où l'on ouvre le couvert de façon graduelle mais irrégulière, généralement par trouées, avec coupe définitive souvent par bandes; régénération naturelle; longs intervalles entre les coupes pouvant atteindre jusqu'à la moitié de la révolution; peuplement résultant très inéquienne et irrégulier.

Dégagement. Élimination ou mise hors d'état de nuire, dans les peuplements forestiers n'ayant pas dépassé le stade de gaulis, d'arbres de même âge, mais de formes ou d'essences moins désirables que les arbres recherchés, mais qui dominant ou pourront bientôt dominer ces derniers.

Diamètre à hauteur de poitrine (dph). Diamètre d'un arbre sur pied à 1,3 m du sol.

Diversité biologique (biodiversité). Variété et variabilité des espèces vivantes, des écosystèmes dans lesquels elles vivent et des mécanismes biologiques qui les conditionnent.

Éclaircie commerciale. Abattage ou récolte d'arbres dans un peuplement de structure régulière qui n'a pas atteint l'âge d'exploitabilité. Elle est destinée à accélérer l'accroissement du diamètre des arbres restants et aussi, par une sélection convenable, à améliorer la qualité du peuplement d'arbres.

Éclaircie précommerciale. Abattage des arbres qui nuisent à la croissance des arbres d'avenir dans un jeune peuplement.

Éclaircie sélective individuelle. Éclaircie destinée à favoriser seulement les arbres considérés comme les plus aptes à constituer le peuplement principal, quel que soit l'étage du couvert où ils se trouvent et laissant le reste du peuplement non éclairci.

Ensemencement. Opération d'épandage de semences d'arbres par voie aérienne ou terrestre ou d'ensemencement à l'intérieur de mini-serres en vue d'assurer la régénération.

Essence. Espèce d'arbre.

Feuillus. Arbres appartenant au groupe botanique des Magnoliophytes avec des feuilles larges qui tombent généralement chaque année. Aussi, se dit d'un peuplement constitué de tels arbres, ainsi que du bois produit par ces arbres.

Forêt équienne. Forêt où les peuplements sont composés d'arbres ayant moins de vingt ans d'écart entre eux. Ces forêts sont le plus souvent monospécifiques, c'est-à-dire composées d'une espèce très dominante.



Forêt inéquienne. Forêt où les peuplements sont composés d'arbres de plusieurs classes d'âges et grandeurs.

Horizon de planification. La période d'années sur laquelle les activités d'aménagement forestier et leurs répercussions sur les valeurs forestières sont projetées.

Indice de qualité de station (IQS). Évaluation de la potentialité de la production forestière d'une station donnée, pour une essence donnée croissant en peuplement régulier. Cette évaluation est basée sur la hauteur moyenne ou dominante du peuplement à un âge de référence.

Parquet. Superficie généralement comprise entre 1 et 2 ha, traitée dans le but de produire un peuplement de structure régulière et favoriser la régénération des essences peu tolérantes à l'ombre.

Peuplement. Ensemble d'arbres ayant une uniformité jugée suffisante quant à sa composition en essences, sa structure, son âge, sa répartition dans l'espace, etc., pour se distinguer des peuplements voisins.

Plantation. Mise en terre de boutures, de plançons ou de plants pour la production de matière ligneuse.

Possibilité annuelle de coupe. Le volume ou la superficie qui peut faire l'objet de récoltes annuelles en vertu de la réglementation.

Possibilité annuelle de coupe à rendement soutenu. Volume maximum des récoltes annuelles de bois par essence ou groupe d'essences que l'on peut prélever à perpétuité dans une unité d'aménagement donnée sans diminuer la capacité productive du milieu forestier

Préparation de terrain. Opération visant à préparer un terrain forestier de façon à favoriser l'ensemencement naturel, l'ensemencement artificiel ou la plantation. Il peut s'agir de scarifiage, de labourage, de hersage, de débroussaillage, de déblaiement, de brûlage dirigé ou de drainage.

Regarnie. Mise en terre de plants sur une superficie de terrain où la régénération naturelle est insuffisante, afin d'obtenir un nombre d'arbres uniformément distribués d'essences principales objectif sur cette superficie.

Régénération. Renouvellement d'un peuplement forestier par voie naturelle ou artificielle. Le jeune peuplement ainsi obtenu. En règle générale, la hauteur du nouveau peuplement est inférieure à 1,30 m.

Régénération naturelle. Renouvellement naturel d'un peuplement forestier par voie de semences, par des rejets, par drageonnement ou par marcottage.

**Résilience écologiques.** Capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante.

**Résineux.** Groupe d'arbres produisant des cônes et le plus souvent de la résine et dont les feuilles sont des aiguilles ou des organes squamiformes et qui appartiennent au groupe des Pinophytes. Aussi, se dit d'un peuplement constitué de tels arbres, ainsi que du bois produit par ces arbres.

**Révolution.** Le nombre d'années prévues entre l'établissement d'un peuplement et sa coupe finale à un stade de maturité déterminé.

**Rotation.** 1) Intervalle prévu entre les coupes partielles dans un peuplement inéquienne. 2) En peuplement équienne, intervalle entre deux coupes de même nature (par exemple éclaircie).

**Scarifiage.** Action de scarifier, c'est-à-dire d'ameublir plus ou moins énergiquement les couches superficielles du sol forestier, pour mélanger la matière organique au sol minéral; c'est un traitement du lit de germination pour favoriser l'ensemencement par les arbres sur pied ou par les rémanents, ou encore pour favoriser le drageonnement.

**Simulation.** Une méthode de prévision dans laquelle une description des conditions actuelles – contraintes, tactiques et règles de changement – permet de prédire le résultat des stratégies sur les valeurs futures.

**Structure irrégulière.** La structure est dite irrégulière lorsque l'éventail des âges excède la moitié de l'âge d'exploitabilité de ou des essences principales et lorsqu'une ou plusieurs classes d'âges ou de diamètres sont sous-représentées ou manquantes.

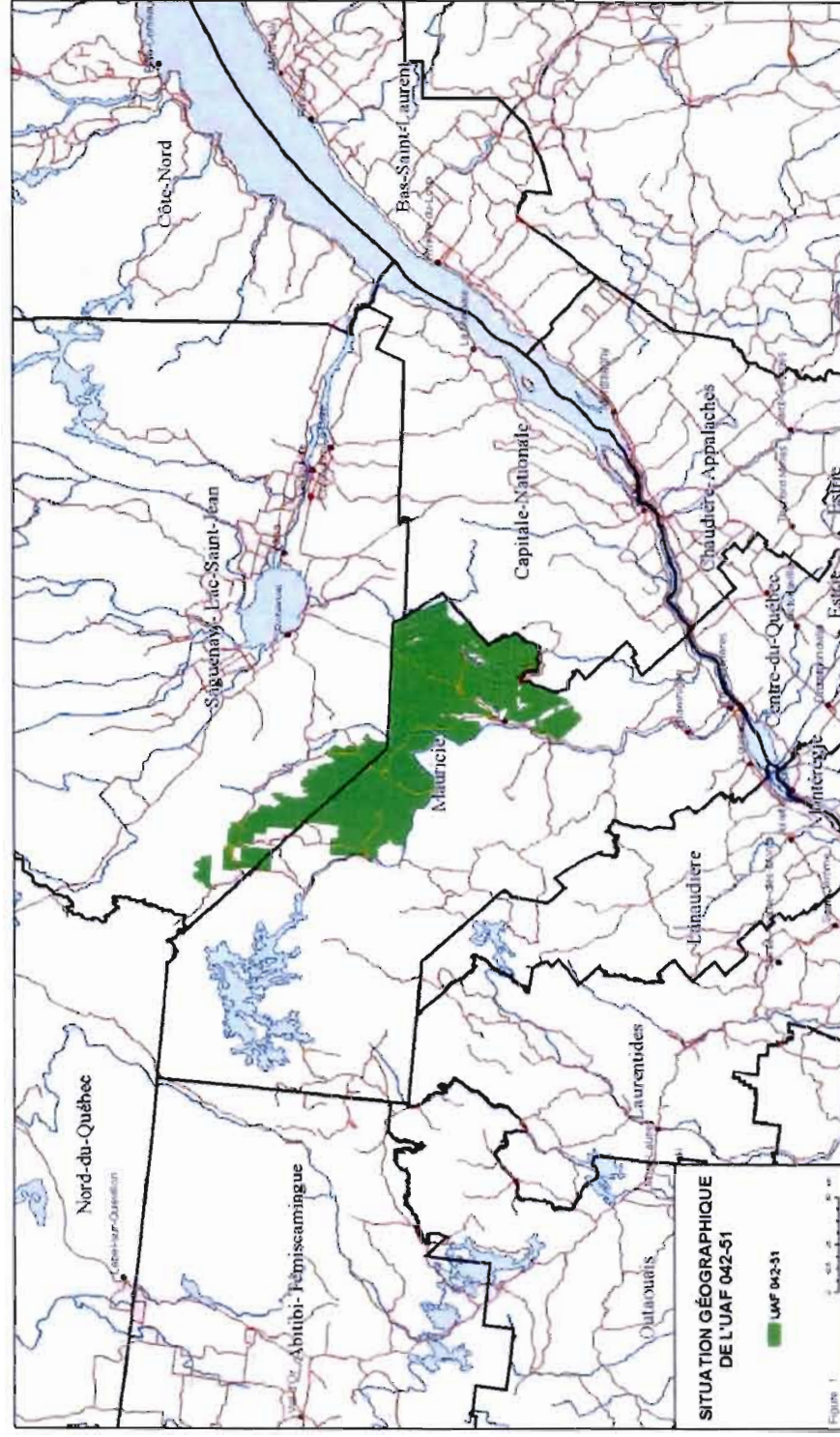
**Structure régulière (équienne).** La structure du peuplement est dite régulière lorsque l'éventail des âges n'excède pas la moitié de l'âge d'exploitabilité de ou des essences principales.

**Sylviculture.** La sylviculture est la science, la technique et l'art qui consistent à traiter, aménager et exploiter la forêt de façon à lui assurer une production stable aussi élevée que possible.

**Sylviculture intensive.** Ensemble des pratiques sylvicoles dans les peuplements établis (qui ont atteint l'autonomie de croissance) afin d'en améliorer la valeur et le rendement.

**Unité d'aménagement forestier.** Subdivision territoriale pour laquelle un rendement annuel est établi et sur laquelle s'exercent en tout ou en partie plusieurs CAAF.

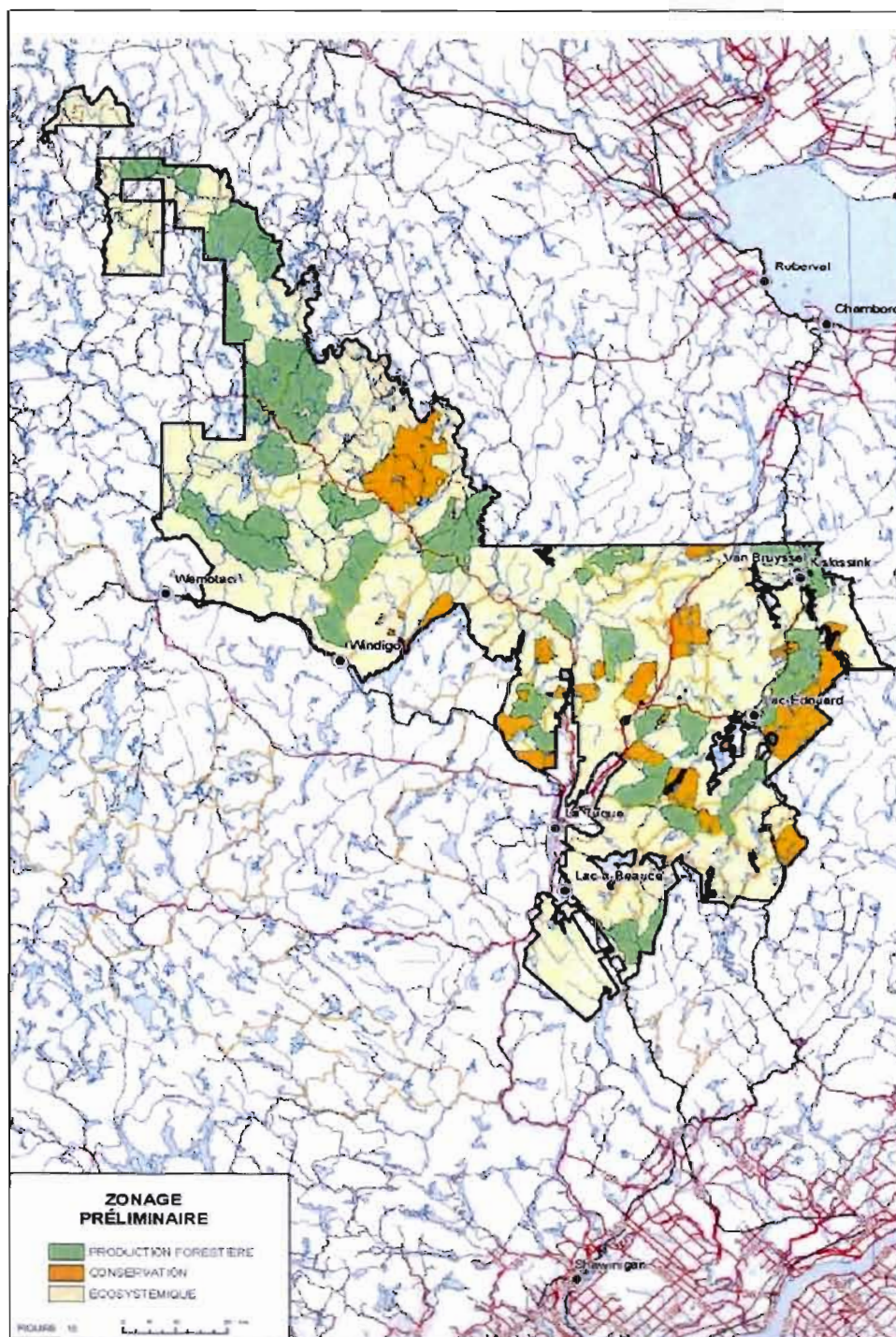
# ANNEXE I SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UAF 042-51



Source : Plan général d'aménagement forestier. UAF 042-51 (Période 2008-2013).



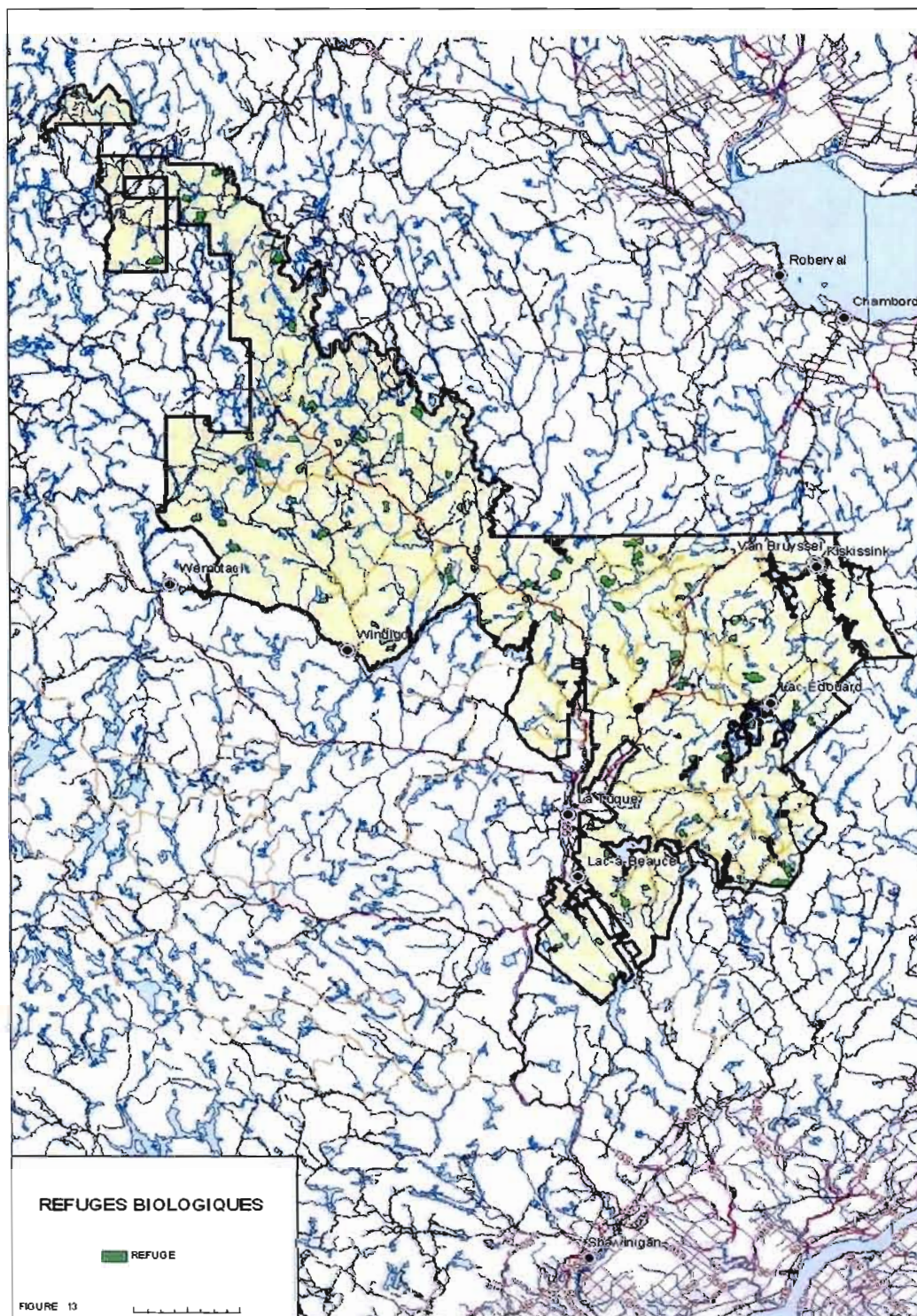
## ANNEXE II ZONAGE PRÉLIMINAIRE



Source : Plan général d'aménagement forestier. UAF 042-51 (Période 2008-2013).



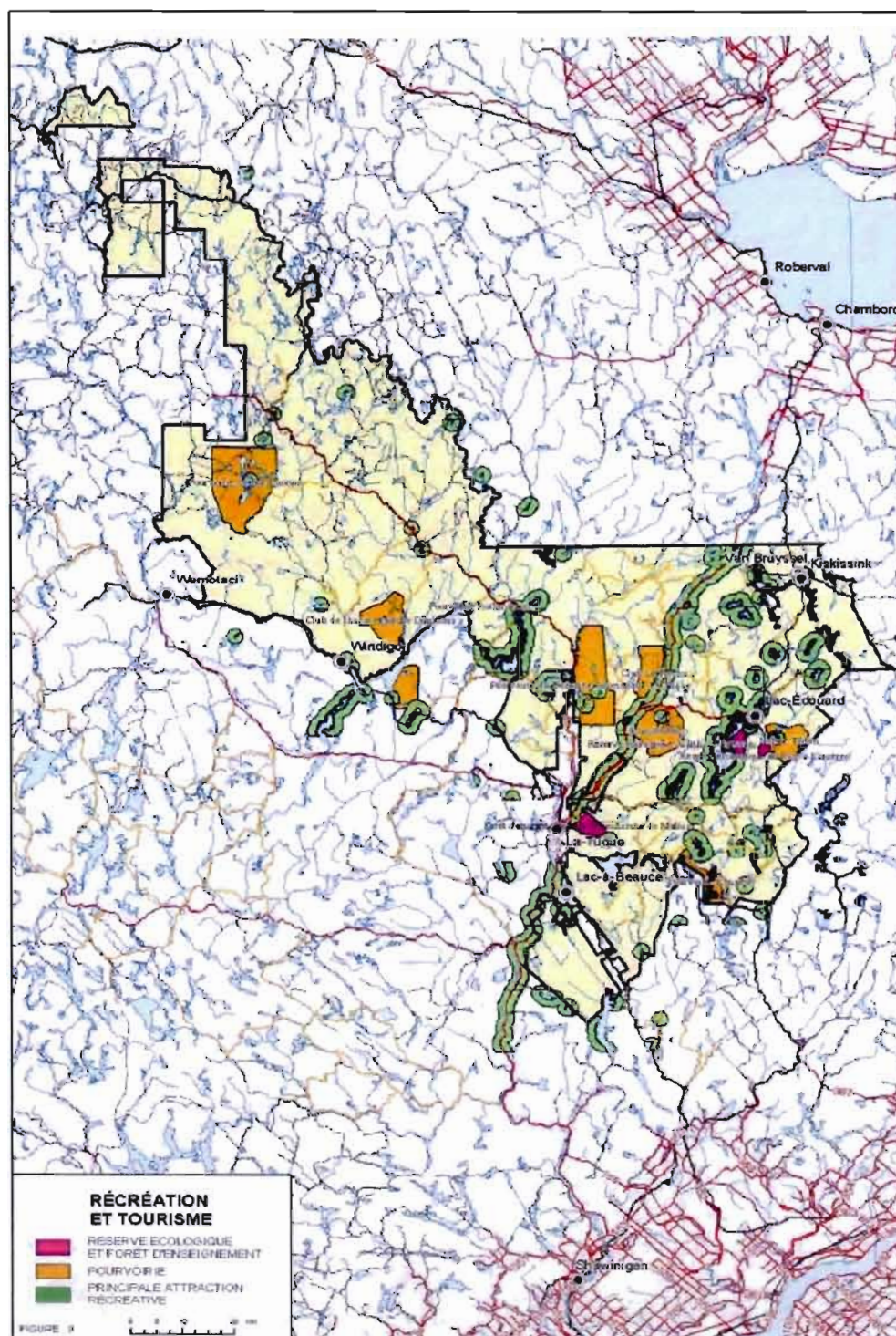
### ANNEXE III REFUGES BIOLOGIQUES



Source : Plan général d'aménagement forestier. UAF 042-51 (Période 2008-2013).

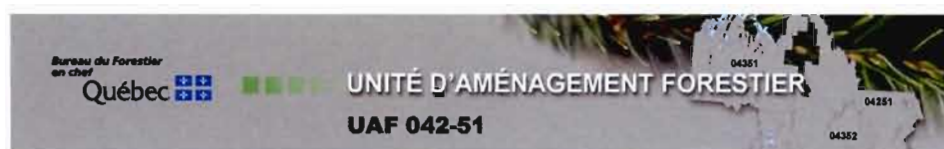


# ANNEXE IV RÉCRÉATION ET TOURISME



Source : Plan général d'aménagement forestier. UAF 042-51 (Période 2008-2013).

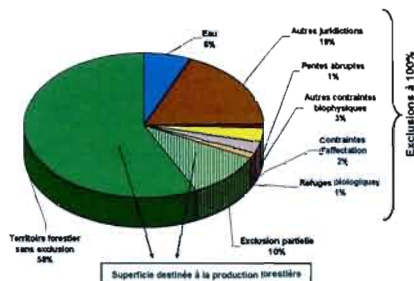
# ANNEXE V DESCRIPTION DE LA DISTRIBUTION D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DE LA POSSIBILITÉ FORESTIÈRE ET DES TRAITEMENTS SYLVICOLES CHOISIS DANS LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT TRADITIONNELLE (EXTRAIT DE LA PAGE OFFICIELLE DU BUREAU DU FORESTIER EN CHEF)



## 1 - DESCRIPTION DU TERRITOIRE

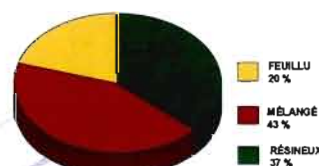
### Portrait global

Superficie<sup>1</sup> : 1 073 432 hectares

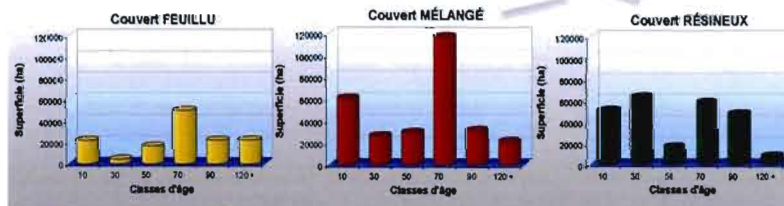


### Portrait du territoire destiné à la production forestière

Types de couvert  
Superficie<sup>2</sup> : 669 588 hectares



### Types de couvert et classes d'âge



<sup>1</sup> superficie brute sans réduction <sup>2</sup> superficie nette après réduction

## 2 - POSSIBILITÉ FORESTIÈRE

Calcul de possibilité forestière		Possibilité par essence ou groupe d'essences (m <sup>3</sup> /an)								
		Rendement soutenu (150 ans)								
		SEPM <sup>1</sup>	Thuya	Pruche	Pin blanc et rouge	Peupliers	Bouleau à papier	Bouleau jaune	Érables <sup>2</sup>	Autres feuillus durs
A	2000-2008	740 900	6 800	0	10 000	106 100	246 800	70 000	34 200	1 000
B	Forestier en chef 2009-2013	652 200	6 100	0	5 200	137 100	263 700	69 800	32 200	1 000
	Variation (B-A)	-88 700	-700	0	-4 800	32 000	17 900	-10 200	-2 000	0
	Variation (%)	-12%	-12%	-	-48%	30%	7%	-15%	-6%	-
C	Forestier en chef 2009-2013	627 500	4 800	0	4 800	133 400	264 600	66 200	30 400	900
	Variation (B-C)	24 700	300	0	300	3 700	9 100	3 600	1 800	100
	Variation (%)	3,9%	6,3%	-	6,1%	2,8%	3,6%	5,4%	5,9%	11,1%

<sup>1</sup> sapin, éphédre, pin gris et mélèze <sup>2</sup> érable à sucre et érable rouge

Provenance des volumes	Superficie totale			Récolte maximale annuelle <sup>2</sup>	
	ha	m <sup>3</sup>	%		
Bandes riveraines	33 540	16 600	1,5%		
Séparateurs de coupe	7 460	12 620	1,1%		
Pentes fortes (31 à 40 %)	25 888	69 250	6,1%		
Habitats fauniques	0	0	0,0%		
Encadrements visuels	33 562	53 990	4,9%		
Territoires à multiples usages	0	0	0,0%		
Forêts morcelées (peuplements orphelins)	31 797	109 760	9,9%		
Autres particularités régionales ou locales	0	0	0,0%		
Sous-total des contraintes	132 247	261 110	23,5%		
Sous-total sans contrainte	637 341	861 690	76,5%		
Total	669 588	1 112 700	100,0%		

Cette répartition par type de contrainte est à titre indicatif seulement. Voir la fiche thématique sur la provenance des volumes.





### 3 – EXIGENCES GÉNÉRALES

Cette section présente les interventions forestières à réaliser afin de rencontrer les hypothèses de la stratégie d'aménagement forestier retenue pour évaluer la possibilité forestière. Pour des explications détaillées des traitements sylvicoles énumérés, consulter la fiche thématique «Exigences générales».

Synthèse des traitements sylvicoles prévus		Superficie <sup>1</sup>
		ha/an
Avec récolte	CPRS, CPHRS, CPPTM <sup>2</sup>	8 345
	Jardinages et assainissement	1 351
	Éclaircie commerciale	67
	Préparation de terrain	2 846
Sans récolte	Plantation, regarni, ensemencement	1 693
	Dégagement	1 717
	Éclaircie pré-commerciale	2 976

<sup>1</sup> Coupe avec protection de la régénération et des sols, coupe avec protection de la haute régénération et des sols, coupe avec protection des petites tiges marchandes.

<sup>2</sup> Superficie réalisée par année à compter de 2008 pour la première période quinquennale du plan général basé sur le calcul de possibilité forestière (Forêt-Québec). Voir la fiche thématique qui traite des exigences générales.

### 4 - PARTICULARITÉS / COMMENTAIRES

L'UAF 042-51 est couverte par les domaines bioclimatiques de l'érablière à bouleau jaune (9 %), de la sapinière à bouleau jaune (46 %) et de la sapinière à bouleau blanc (45 %). L'aménagement de la forêt mixte y représente d'ailleurs un défi intéressant : l'importance des volumes des diverses essences compagnes requiert plus d'efforts de planification pour que la récolte de toutes les essences soit intégrée. À cet égard, le tableau suivant présente la provenance des volumes de chaque essence en fonction du type de couvert forestier :

Essences	Couvert feuillu	Couvert mélangé	Couvert résineux
Résineux	8 %	36 %	56 %
Bouleau blanc	31 %	53 %	18 %
Peupliers	48 %	40 %	12 %
Autres feuillus	37 %	56 %	6 %

L'UAF provient de la combinaison des aires communes 042-01 (63 %), 042-02 (100 %), et 043-02 (100 %).

La conciliation des multiples usages de la forêt et la prise en compte des valeurs autochtones représentent également un enjeu de taille. En effet, en plus de l'approvisionnement de nombreuses usines de transformation du bois, ce territoire renferme :

- 7 pourvoiries avec droits exclusifs (530 km<sup>2</sup>)
- 5 pourvoiries sans droit exclusif
- 6 Zones d'exploitation contrôlée (ZEC) (2 424 km<sup>2</sup>)
- 1 réserve faunique (5,5 km<sup>2</sup>)
- 2 Réserves à castors (2 465 km<sup>2</sup>)
- Communauté Atikamek de Wemotaci
- Villégiature dispersée sur les terres publiques omniprésente avec plus de 1 600 sites, 59 hectares de villégiature regroupée et 28 hectares de villégiature complémentaire plusieurs camps de trappeurs, camping, sentiers de randonnées, etc.
- Plus de 33 500 hectares d'encadrements visuels pris en compte dans les calculs de possibilité forestière.

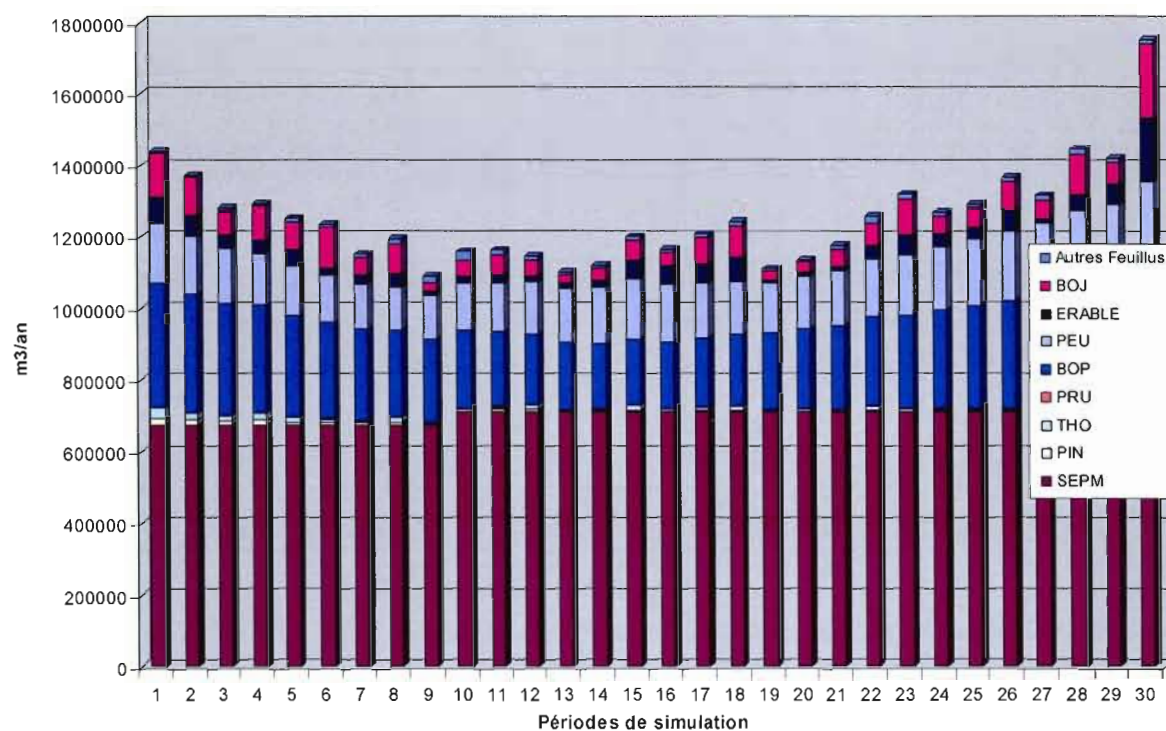
Par ailleurs, la perte de superficie forestière occasionnée par la création des réservoirs des projets hydroélectriques de la « Chute Allard » et du « Rapide des Cœurs », estimée à 144 hectares pour l'UAF 042-51 n'a pas été prise en considération lors du calcul de la possibilité forestière.

D'autre part, les résultats de possibilité forestière présentés dans ce document ne tiennent pas compte de l'implantation des aires protégées projetées puisque leur localisation n'était pas connue au moment des calculs. Finalement, l'UAF 042-51 fait actuellement l'objet d'un projet pilote visant l'expérimentation du concept de TRIADE et d'un logiciel de calcul de possibilité forestière intégrant notamment la dimension spatiale (trousse Woodstock - Stanley). Pour en savoir plus sur ce projet pilote, veuillez consulter la fiche thématique « TRIADE ».





ANNEXE VI  
HITOGRAMME DE SIMULATION DU CALCUL DE POSSIBILITÉ  
VOLUMES RÉCOLTÉS, TOUTES LES ESSENCES (SCÉNARIO 1)  
UAF 042-51



ANNEXE VII  
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 8), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK : VOLUME DE RÉCOLTE PAR ESSENCE ET PAR  
PÉRIODE (SCÉNARIO 1) UAF 042-51

Période	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Essences</b>								
<b>SEPM</b>	673695	673695	673695	673695	673695	673695	673695	673695
<b>Sous Total SEPM</b>	673695	673695	673695	673695	673695	673695	673695	673695
<b>THO</b>	29665	21240	13966	21652	12455	9088	4752	15139
<b>PIN</b>	15857	12594	10493	11757	7417	5197	6170	5750
<b>PRU</b>	620	128	92	38	40	1186	59	539
<b>Sous Total Résineux</b>	719837	707657	698246	707142	693607	689166	684676	695123
<b>PEU</b>	168538	160111	152105	144500	137275	130411	123891	118616
<b>BOP</b>	351613	334032	317331	301464	286391	272072	258468	245545
<b>BOJ</b>	124405	104930	67795	95717	77324	116362	50953	85782
<b>ÉRABLE</b>	70604	58551	36924	38286	48677	20387	25419	35766
<b>FRÊNES</b>	2234,4	1073,8	1174,8	293,8	301,2	2211,8	925,6	870
<b>HÊTRE</b>	2510,4	633,8	445,8	2484	1254,2	846	194	898,4
<b>Autres Feuillus</b>	113,6	2,6	17	21,4	80,6	7,2	0,4	103,8
<b>Sous Total Feuillus</b>	720018	659334	575793	582766	551303	542297	459851	487581
<b>Total Toutes les essences</b>	1439855	1366991	1274039	1289908	1244910	1231463	1144527	1182704

ANNEXE VIII  
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 9 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK : VOLUME DE RÉCOLTE PAR ESSENCE ET PAR  
PÉRIODE (SCÉNARIO 1) UAF 042-51

Période	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Essences</b>								
<b>SEPM</b>	673695	709153	709153	709153	709153	709153	709153	709153
<b>Sous Total SEPM</b>	673695	709153	709153	709153	709153	709153	709153	709153
<b>THO</b>	3214	3616	4938	13484	3393	6968	15199	5744
<b>PIN</b>	2955	6250	8673	6264	1956	2741	2746	2161
<b>PRU</b>	15	9	238	167	6	56	440	22
<b>Sous Total Résineux</b>	679879	719028	723002	729068	714508	718918	727538	717080
<b>PEU</b>	124547	130775	137313	144179	151388	158957	166905	161280
<b>BOP</b>	233267	221604	210524	199998	189998	180498	186033	189224
<b>BOJ</b>	21751	42068	56777	43676	22435	34314	56111	38104
<b>ÉRABLE</b>	11388	19413	22456	16438	14033	20095	53289	50133
<b>FRÊNES</b>	67,4	1291,4	309,8	349,6	24,4	-0,2	203,8	64,2
<b>HÊTRE</b>	684,4	538,6	3221,2	476,2	135,4	339,2	970,4	340,8
<b>Autres Feuillus</b>	96,4	0	21	15,8	63,4	0	0	3,8
<b>Sous Total Feuillus</b>	391801	415690	430622	405133	378077	394203	463512	439150
<b>Total Toutes les essences</b>	1071680	1134718	1153624	1134201	1092585	1113121	1191050	1156230

ANNEXE IX  
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 5), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1)  
TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51

Période	1		2		3		4		5	
Type de Coupe	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF
<b>Aménagement écosystémique</b>										
CPRS (écosystémique - Rétention 5%)	3754		4509		3417		3610		3398	
Coupe avec réserve de semenciers	0		0		0		0		0	
Coupe progressive d'ensemencement	734		2390		2903		2207		3203	
Coupe finale de CPE (Écosystémique)	0	0		0		655,6		1742		1616
Coupe multicohortes	1500		2827		1381		1568		993	
CPHR	0	184,8		95,4		450		528,2		611,4
Coupe progressive irrégulière	833,6		24		0		38,4		43	
CPPTM		420		35		18		23		0
Coupe de préjardinage	0		0		0		0		35,4	
1e Coupe de jardinage	1302		545,6		569,2		340		92,6	
Coupe de jardinage avec trouées	262,6		53,6		248,6		403		142	
Coupe de jardinage avec parquets	0		236		13		390		741	
Éclaircie sélective individuelle (ESI)	0		9		119,8		60,2		304	
Éclaircie sélective mixte (ESM)	962,8		651,6		0		580		124	
Coupe progressive d'ensemencement (taux)	0		0		0		0		0	
Coupe finale de CPE (taux)		0		0		0		0		0
Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance	9,2		79,2		0		48,8		6,8	
Coupe finale de CPE avec aire de croissance		0		0		5		44		0
<b>Sous - Total Superficies ha/an Ecosystémique</b>	<b>9357</b>	<b>605</b>	<b>11325</b>	<b>130</b>	<b>8652</b>	<b>1129</b>	<b>9245</b>	<b>2338</b>	<b>9083</b>	<b>2228</b>
<b>Aménagement Intensif</b>										
CPRS		2993		2149		2291		1627		1500
2e Coupe Finale De CPE (production Forestière)		0		0		0		91,2		11,6
Coupe de Jardinage Intensif	0		0		0		0		0	
Éclaircie Commerciale	97		40		1,6		70		3,8	
<b>Sous - Total Superficies ha/an Intensif</b>	<b>97</b>	<b>2993</b>	<b>40</b>	<b>2149</b>	<b>2</b>	<b>2291</b>	<b>70</b>	<b>1718</b>	<b>4</b>	<b>1511</b>
<b>Total Superficie ha/an</b>	<b>9454</b>	<b>3598</b>	<b>11365</b>	<b>2280</b>	<b>8654</b>	<b>3420</b>	<b>9315</b>	<b>4056</b>	<b>9087</b>	<b>3739</b>

CP : Coupe Partielle    CF : Coupe Finale

ANNEXE X  
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 6 À 10), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1)  
TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51

Période	6		7		8		9		10	
Type de Coupe	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF
<b>Aménagement écosystémique</b>										
CPRS (écosytémique - Rétention 5%)	3539		3074		3293		2110		2245	
Coupe avec réserve de semenciers	3		0		0		0		0	
Coupe progressive d'ensemencement	1561		645,4		478		608,6		959,4	
Coupe finale de CPE (Écosytémique)		1716		2204		1146		361,4		168,2
Coupe multicohortes	1675		2264		3000		3000		2387	
CPHR		897		224,6		347		1251		1984
Coupe progressive irrégulière	0		0		800		23		0	
CPPTM		0		0		0		0		0
Coupe de préjardinage	7		0		0		0		0	
1e Coupe de jardinage	298,8		437,8		1133		249		569,4	
Coupe de jardinage avec trouées	6,6		73		275		170,2		309,8	
Coupe de jardinage avec parquets	7,6		261,4		4,8		96,2		318,8	
Éclaircie sélective individuelle (ESI)	481,2		9,2		67,8		0		0	
Éclaircie sélective mixte (ESM)	544,4		65		20,2		0		45,4	
Coupe progressive d'ensemencement (taux)	90		0		0		0		0	
Coupe finale de CPE (taux)		0		0		87,2		0		0
Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance	0		0		0		0		0	
Coupe finale de CPE avec aire de croissance		27		4		0		0		0
<b>Sous - Total Superficies ha/an Ecosytémique</b>	<b>8214</b>	<b>2641</b>	<b>6830</b>	<b>2433</b>	<b>9073</b>	<b>1580</b>	<b>6257</b>	<b>1613</b>	<b>6835</b>	<b>2153</b>
<b>Aménagement Intensif</b>										
CPRS		1702		2045		1896		2418		2177
2e Coupe Finale De CPE (production Forestière)		61,8		6		31,2		0		2,8
Coupe de Jardinage Intensif	0		0		0		0		0	
Éclaircie Commerciale	0		0		0		0		0	
<b>Sous - Total Superficies ha/an Intensif</b>	<b>0</b>	<b>1764</b>	<b>0</b>	<b>2051</b>	<b>0</b>	<b>1927</b>	<b>0</b>	<b>2418</b>	<b>0</b>	<b>2180</b>
<b>Total Superficie ha/an</b>	<b>8214</b>	<b>4405</b>	<b>6830</b>	<b>4483</b>	<b>9073</b>	<b>3508</b>	<b>6257</b>	<b>4031</b>	<b>6835</b>	<b>4333</b>

CP : Coupe Partielle    CF : Coupe Finale



ANNEXE XI  
TABLEAU # 3 (PÉRIODES 11 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK : SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1)  
TRAITEMENTS AVEC RÉCOLTE, UAF 042-51

Période	11		12		13		14		15		16	
Type de Coupe	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF	CP	CF
<b>Aménagement écosystémi.</b>												
CPRS (écosytémique - Rétention 5%)	1931		1381		2057		2174		3122		3180	
Coupe avec réserve de semenciers	0		0		0		0		0		0	
Coupe progressive d'ensemencement	1025		2768		1818		1029		1008		1671	
Coupe finale de CPE (Écosystémique)		575		881		639,2		2011		1809		1008
Coupe multicohortes	2120		2651		3000		3000		3000		2995	
CPHR		355		177		120,6		352		158,4		0
Coupe progressive irrégulière	36,8		41,2		0		0		800,2		23	
CPPTM		0		0		0		0		52		352
Coupe de préjardinage	0		0		0		0		0		0	
1e Coupe de jardinage	328,2		338		259		322		986,6		54,8	
Coupe de jardinage avec trouées	75,2		123		73,4		29,8		326		0	
Coupe de jardinage avec parquets	91,8		91,8		0		8,8		0		14,2	
Éclaircie sélective individuelle (ESI)	0		0		0		0		0		0	
Éclaircie sélective mixte (ESM)	902,4		647		0		557		119,2		386	
Coupe progressive d'ensemencement (taux)	0		0		0		0		0		0	
Coupe finale de CPE (taux)		0		0		0		0		0		0
Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance	0		3		4		4		7		10	
Coupe finale de CPE avec aire de croissance		0		0		0		2		2		2
<b>Sous - Total Superficies ha/an Ecosystémique</b>	<b>6511</b>	<b>930</b>	<b>8045</b>	<b>1057</b>	<b>7211</b>	<b>760</b>	<b>7125</b>	<b>2365</b>	<b>9369</b>	<b>2022</b>	<b>8333</b>	<b>1362</b>
<b>Aménagement Intensif</b>												
CPRS		2807		2705		2869		1717		951		1571
2e Coupe Finale De CPE (production Forestière)		0		0		8,8		0		0		0
Coupe de Jardinage Intensif	0		0		0		0		0		0	
Éclaircie Commerciale	0		0		0		0		0		0	
<b>Sous - Total Superficies ha/an Intensif</b>	<b>0</b>	<b>2807</b>	<b>0</b>	<b>2705</b>	<b>0</b>	<b>2878</b>	<b>0</b>	<b>1717</b>	<b>0</b>	<b>951</b>	<b>0</b>	<b>1571</b>
<b>Total Superficie ha/an</b>	<b>6511</b>	<b>3738</b>	<b>8045</b>	<b>3763</b>	<b>7211</b>	<b>3638</b>	<b>7125</b>	<b>4082</b>	<b>9369</b>	<b>2973</b>	<b>8333</b>	<b>2933</b>

ANNEXE XII  
TABLEAU # 1 (PÉRIODES 1 À 8), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1)  
TRAITEMENS SANS RÉCOLTE

Période	1	2	3	4	5	6	7	8
Scarification (Gc BOP)	400	400	400	400	400	400	400	400
ÉPC (10 ans après Scarification)	0	0	400	400	400	400	400	400
Scarification (Gc MBOFIF)	600	600	600	600	600	600	600	600
ÉPC (10 ans après Scarification)	0	0	600	600	600	600	600	600
Scarification (Gc BOU)	74	0	94	330	392	716	55	185
Scarification (Gc MBOFSF)	25	93	88	57	145	153	137	11
Plantation de PIB	0	0	0	0	20	75	0	0
Scarification, plantation EPO	13	0	6	0	0	0	0	13
Dégagement de plantation EPO (2)	0	13	13	6	6	0	0	0
Scarification, plantation PEH	30	30	22	10	30	30	30	30
Dégagement de la plantation PEH (2)	0	30	60	52	32	40	60	60
Scarification, plantation MEH	333	500	242	30	77	36	379	500
Dégagement de plantation MEH (2)	0	333	833	542	272	107	113	415
Scarification, plantation PIG	655	821	1016	1036	639	810	450	588
Dégagement de plantation PIG (1)	0	655	821	1016	1036	639	810	450
Scarification, plantation EPB	1464	827	490	132	218	317	502	197
AC en EPB(Série MBOFSR)	0	32	0	20	3			
Scarification, plantation EPN	31	0	8	0	0	0	16	0
Scarification, plantation EPN	25	4	54	63	101	0	16	8
Dégagement de plantation EPN (2)	0	25	29	58	117	164	101	16
ÉPC (15 ans après plantation)	0	0	0	25	4	54	63	101
Éclaircie précommerciale	623	606	106	101	1	32	395	53
<b>Total Superficie ha/an</b>	<b>4273</b>	<b>4969</b>	<b>5882</b>	<b>5478</b>	<b>5093</b>	<b>5173</b>	<b>5127</b>	<b>4627</b>

ANNEXE XIII  
TABLEAU # 2 (PÉRIODES 9 À 16), RÉSULTATS DE SIMULATION  
WOODSTOCK: SUPERFICIES TRAITÉS EN HA/AN (SCÉNARIO 1)  
TRAITEMENS SANS RÉCOLTE

Période	9	10	11	12	13	14	15	16
Scarification (Gc BOP)	400	400	400	400	400	400	400	400
ÉPC (10 ans après Scarification)	400	400	400	400	400	400	400	400
Scarification (Gc MBOFIF)	600	600	600	600	600	600	600	600
ÉPC (10 ans après Scarification)	600	600	600	600	600	600	600	600
Scarification (Gc BOU)	0	0	6	0	0	0	0	0
Scarification (Gc MBOFSF)	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantation de PIB	0	0	0	0	0	0	0	0
Scarification, plantation EPO	0	0	0	0	0	0	0	0
Dégagement de plantation EPO (2)	13	13	0	0	0	0	0	0
Scarification, plantation PEH	30	30	30	30	30	30	30	30
Dégagement de la plantation PEH (2)	60	60	60	60	60	60	60	60
Scarification, plantation MEH	249	8	162	409	417	500	67	257
Dégagement de plantation MEH (2)	879	749	257	170	571	826	917	567
Scarification, plantation PIG	590	713	636	654	817	831	1019	1039
Dégagement de plantation PIG (1)	588	590	713	636	654	817	831	1019
Scarification, plantation EPB	780	600	1020	562	523	501	192	102
AC en EPB(Série MBOFSR)								
Scarification, plantation EPN	22	6	0	68	0	58	0	0
Scarification, plantation EPN	10	112	189	224	28	1	0	0
Dégagement de plantation EPN (2)	24	18	122	301	413	252	29	1
ÉPC (15 ans après plantation)	0	16	8	10	112	189	224	28
Éclaircie précommerciale	0	222	1	390	541	33	19	149
<b>Total Superficie ha/an</b>	<b>5245</b>	<b>5137</b>	<b>5204</b>	<b>5514</b>	<b>6166</b>	<b>6098</b>	<b>5388</b>	<b>5252</b>



ANNEXE XIV  
TRAITEMENTS SYLVICOLES CHOISIS DANS LA STRATÉGIE  
D'AMÉNAGEMENT TRIADE (EXTRAIT DE BEAULIEU ET AL., 2009)

**Zone Écosystémique**

La stratégie d'aménagement de la zone écosystémique est basée sur une série de traitements sylvicoles permettant de récolter le potentiel de production du territoire tout en répondant aux enjeux écosystémiques retenus lors de l'analyse de l'UAF.

- Coupe multicohortes

L'objectif d'aménagement des coupes multicohortes vise le maintien d'un pourcentage important du peuplement (50-60%) par la rétention de la diversité des strates et des classes de diamètre des peuplements visés. Le peuplement aménagé qui en résulte maintient sa structure irrégulière et une partie importante de son couvert au fil des rotations. Ce traitement est réalisé par la création de bandes traitées en coupe partielle et de bandes non traitées. Le volume du peuplement résiduel est équivalent à 65 % du volume initial.

- Coupe progressive d'ensemencement

L'objectif de la coupe progressive d'ensemencement dans les séries d'aménagement mélangées est d'amener des conditions favorables à la régénération des essences résineuses; dans ce cas-ci, elle vise à favoriser la régénération résineuse dans les peuplements susceptibles à l'enfeuilletement après coupe. La CPE-mixte vise la rétention de semenciers résineux et la réduction des essences feuillues intolérantes compagnes (ex. pet. bop).

L'objectif d'une CPE en peuplements résineux est d'amener des conditions favorables à la régénération des essences en raréfaction sur le territoire; dans ce cas-ci, elle concerne les pins rouges et blancs. La coupe avec rétention de semenciers vise à éliminer les arbres dominés d'essences non désirées (ex. sapins) qui poussent en

sous couvert des arbres dominants d'essences désirées afin d'ouvrir le sous couvert à la régénération des essences désirées.

- Coupe finale d'une coupe progressive d'ensemencement avec rétention 5 % par bouquet

La coupe finale de la coupe progressive d'ensemencement est réalisée avec rétention de 5 % du volume par bouquet.

- Coupe à rétention 5% par bouquet

La coupe avec protection de la régénération et de sols ayant une rétention de 5 % par bouquet du volume est un système sylvicole qui maintient des éléments structuraux de l'habitat sur le parterre de coupe. Ces éléments structuraux peuvent être des arbres, vivants ou morts, des débris ligneux, ou tous autres éléments jugés essentiels pour le bon fonctionnement de l'écosystème (Sougavinski et Doyon 2002).

La coupe à rétention implique la rétention d'un minimum du couvert original du peuplement (cible TRIADE : 5%). Cette rétention forme des legs pour le peuplement en régénération, lui permettant de diversifier sa structure plus rapidement en cours de succession et de devancer le recrutement des attributs de vieilles forêts. La rétention groupée est préférée (incluant la rétention sous forme de « bouquets » ou d'« îlots » tels que définis par Leblanc (2004). Plusieurs avantages tant biologiques qu'opérationnels lui sont attribués. Entre autres, elle permet de maintenir des portions de litière intacte, fournit une plus grande résistance au chablis et assure une meilleure protection contre les blessures liées aux opérations. La rétention de chicots devient alors plus sécuritaire pour l'opérateur.

- Coupe avec protection de la haute régénération avec rétention 5% par bouquet

Cette coupe prévoit la récolte de tous les arbres dont le diamètre est égal ou supérieur à la classe de 10 cm au DHP tout en préservant la haute régénération, c'est-à-dire les gaules des classes de DHP de 2 à 8 cm (MRNF 2003). Lors de la coupe, des bouquets

de rétention d'une superficie moyenne de 500 m<sup>2</sup> sont laissés aléatoirement sur le terrain jusqu'à l'occurrence de 5% de la superficie de l'assiette de coupe.

- Coupe avec protection des petites tiges marchandes

La coupe avec protection des petites tiges marchandes consiste à récolter entre 70 % et 90 % du volume marchand et de protéger la régénération, soit les gaules des classes de DHP de 2 à 8 cm ainsi que les petites tiges marchandes de classes de DHP de 10 à 14 cm.

L'objectif d'aménagement est de favoriser la formation d'un peuplement d'avenir de structure irrégulière en retenant, lors de la coupe, le sous-étage de structure irrégulière composé de haute régénération et de petites tiges marchandes. Ce traitement pourrait être prescrit lorsque la coupe partielle multicohortes ne s'applique pas.

- Coupe progressive irrégulière

La coupe progressive irrégulière correspond à une coupe progressive où la régénération du nouveau peuplement s'étend sur une période plus longue que le 1/5 de la révolution du peuplement. Le peuplement qui en résulte n'est plus réellement équienné, sans toutefois être considéré comme inéquienné, et renferme au moins deux classes d'âge.

- Coupe de préjardinage

La coupe de préjardinage prévoit la récolte d'arbres choisis individuellement ou par petits groupes, dans une futaie de structure jardinée pour l'amener à une structure propice au jardinage, en assurant les soins cultureux nécessaires aux arbres en croissance et en favorisant l'installation des semis. Elle nécessite la récolte des arbres en tenant compte de l'ensemble des classes de diamètre des arbres se trouvant dans le peuplement.

- Coupe de jardinage

La coupe de jardinage se définit comme la récolte d'arbres choisis individuellement ou par petits groupes, dans une futaie de structure jardinée, pour l'amener ou la

maintenir dans une structure jardinée équilibrée, en assurant les soins culturaux nécessaires aux arbres en croissance et en favorisant l'installation des semis. Elle nécessite la récolte des arbres en tenant compte de l'ensemble des classes de diamètre des arbres se trouvant dans le peuplement.

- Coupe de jardinage avec trouées

La coupe de jardinage avec trouées se distingue du jardinage conventionnel par la création de trouées de 500 à 1 500 m<sup>2</sup> qui doivent occuper environ 10 % de la superficie jardinée avec trouées. De plus, si le bouleversement du sol effectué lors de la récolte est jugé insuffisant pour favoriser la régénération en bouleau, un scarifiage des trouées doit être effectué avec les équipements appropriés.

- Coupe de jardinage avec parquets

La coupe de jardinage par parquets se distingue du jardinage conventionnel par la création de parquets de 1 à 2 ha dans lesquels tous les arbres de 10 cm et plus sont récoltés. Les parquets doivent occuper entre 15 et 20 % de la superficie traitée.

- Éclaircie sélective individuelle

Ce traitement permet de récolter une partie des volumes disponibles en prélevant environ 35 % du volume marchand de façon à distribuer la croissance sur les arbres d'avenir éclaircis.

- Éclaircie sélective mixte

La coupe sélective mixte permet de récolter environ 40 % du volume disponible et de distribuer le potentiel de croissance de la station sur les arbres résiduels. Ce traitement est proposé dans les strates mélangées des groupes de calcul MBOFSF et MBOFSR n'ayant pas la structure pour une coupe jardinatoire.

- Éclaircie commerciale

Le peuplement à éclaircir est de structure régulière et le prélèvement prévu est de 35 % du volume initial.

### **Production forestière**

La stratégie d'aménagement de la zone de production forestière est basée sur une série de traitements sylvicoles permettant de récolter et d'améliorer le potentiel de production de cette portion de l'UAF. Plusieurs traitements définis au Manuel d'aménagement forestier permettent de répondre à cet objectif de production. Naturellement, plusieurs projets de recherche en cours sur le territoire ou dans d'autres régions de Québec (ex. : plantations mixtes) pourront, au cours des prochaines années, influencer cette stratégie d'aménagement. Cette section décrit les traitements spécifiques à la zone de production forestière ainsi que les traitements en coupe partielle communs aux compartiments écosystémique et production forestière (ex. : jardinage avec trouées).

- Coupe avec protection de la régénération et des sols

La coupe avec protection de la régénération et des sols sur le compartiment production forestière prévoit la récolte de toutes les tiges marchandes sans rétention.

- Coupe finale d'une coupe progressive d'ensemencement

La coupe progressive d'ensemencement réalisée sur le compartiment production forestière prévoit une coupe finale après un délai de 10 ans sans rétention.

- Coupe de jardinage intensif

Quelques strates à très bon potentiel de croissance sont assignées à une coupe jardinatoire intensive. Ce traitement de jardinage prévoit un prélèvement de 15 % du volume mais sur une courte rotation de 15 ans.

- Coupe progressive d'ensemencement « du modèle par taux »

La coupe progressive d'ensemencement « du modèle par taux » est identique à la CPE sauf qu'elle est seulement applicable sur les strates du modèle par taux de la zone production forestière. La scarification et le dégagement sont aussi prévus suite à la coupe.

- Coupe finale d'une coupe progressive d'ensemencement « du modèle par taux »

La coupe finale d'une coupe progressive d'ensemencement « du modèle par taux » est identique à la CPE2 (section 8.2.1.3) sauf qu'elle est seulement applicable sur les strates du modèle par taux de la zone production forestière. Aucun pourcentage de rétention n'est prévu pour cette coupe finale.

- Coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance

La coupe progressive d'ensemencement avec aire de croissance équivaut à une coupe d'ensemencement jumelée à la création d'aire de croissance sur 40 % de la superficie traitée. Ces aires de croissance, constituées de plantations résineuses, permettront de maintenir la composante résineuse des strates.

- Coupe finale d'une coupe progressive avec aire de croissance

La coupe finale d'une coupe progressive avec aire de croissance est identique à la Coupe progressive d'ensemencement du modèle par taux.

- Scarification, plantation épinette de Norvège et 2 dégagements

Une plantation d'épinette de Norvège est planifiée dans quelques séries d'aménagement situées dans l'unité de compilation 49. Cette unité de compilation, située au sud de l'UAF, est moins susceptible aux problèmes de maladies et d'insectes associés à l'épinette de Norvège. La scarification et deux dégagements sont prévus comme travaux connexes lors de la plantation de cette essence. Le rendement estimé est de 280 m<sup>3</sup>/ha à 55 ans (IQS 8) dont 258 m<sup>3</sup>/ha en épinette de Norvège et 22 m<sup>3</sup>/ha en feuillus (BOP et PET).

- Scarification, plantation peuplier hybride et 1 ou 2 dégagements

La ligniculture des essences feuillues est associée à la plantation de peuplier hybride (PEH). La plantation de PEH est planifiée principalement dans des séries d'aménagement de mixte à peupliers ou de mixte à bouleau à papier associées à l'érable rouge. Le peuplier hybride nécessite des soins cultureux intensifs pour

s'assurer l'atteinte des rendements escomptés de 160 m<sup>3</sup>/ha à 20 ans. La stratégie d'aménagement prévoit une scarification et deux dégagements.

- Scarification, plantation mélèze hybride et 2 dégagements

La ligniculture en essences résineuses est principalement associée à la plantation de mélèze hybride (MEH). Cette essence nécessite un bon choix du site reboisé (drainage moyen, bonne texture) et requiert des traitements d'entretien comparables à tous les autres résineux reboisés. La stratégie prévoit une scarification et deux dégagements même si la plupart des plantations pourront avoir un haut taux de survie avec seulement un dégagement. Le rendement de cette plantation est simulé à 169 m<sup>3</sup>/ha à 30 ans, soit un rendement moyen de 5,6 m<sup>3</sup>/ha/an. Bien qu'intéressant, ce rendement est jugé conservateur par rapport aux résultats des travaux de recherche au Québec et aux rendements des plantations existantes en Mauricie qui peuvent atteindre jusqu'à 300 m<sup>3</sup>/ha à 30 ans.

- Scarification, plantation épinette blanche et dégagement

Une plantation d'épinette blanche est aussi prévue sur certains sites. Le rendement associé à cette plantation est de 204 m<sup>3</sup>/ha à 50 ans (IQS9) dont 188 m<sup>3</sup>/ha en épinette blanche et le reste en essences feuillues. Une scarification et un dégagement sont planifiés dans ces plantations.

- Scarification, plantation épinette noire

La plantation d'épinette noire exige peu de dégagement pour atteindre le rendement escompté de 217 m<sup>3</sup>/ha à 60 ans dont 150 m<sup>3</sup>/ha d'épinette noire et le reste en essences feuillues.

- Scarification, plantation épinette noire, 2 dégagements et éclaircie précommercial

Les plantations d'épinette noire réalisées sur des séries ayant déjà eu dans le passé des problèmes de régénération demandent la réalisation d'une cédula d'entretien exigeante pour éliminer la compétition des essences feuillues. Une scarification,

deux dégagements et une éclaircie précommerciale sont planifiés pour espérer obtenir le rendement escompté de 217 m<sup>3</sup>/ha à 60 ans.

- Scarification, plantation pin gris et dégagement

Le pin gris étant une essence exigeant des conditions particulières pour sa régénération naturelle après coupe, la plantation de cette essence est prévue dans la zone production forestière ainsi que dans la zone écosystémique. Même si la plantation en PIG constitue un traitement intéressant au point de vue production de matière ligneuse, l'enjeu écosystémique de raréfaction potentiel de cette essence dans la mosaïque forestière de l'UAF justifie la plantation de PIG en zone écosystémique dans les strates du groupe de calcul PIG.

- Plantation de pin blanc

La stratégie d'aménagement proposée dans le modèle optimisé prévoit la plantation de pin blanc sur les séries d'aménagement propices à cette essence. La cédule de traitement produite lors du calcul ne prévoit pas de superficie à reboiser en PIB au cours des prochains 25 ans mais la réalisation des récoltes annuelles pourrait générer des sites intéressants pour cette essence.

- Éclaircie précommerciale

L'éclaircie précommerciale, même sans impact sur le volume total produit, est planifiée pour son rôle important sur la composition en essences lors de la récolte finale. De plus, ce traitement peut avoir un impact positif sur le volume moyen des tiges récoltées. Les rendements de ce traitement correspondent aux hypothèses du calcul du MRNF (juin 2006).



## BIBLIOGRAPHIE

- Abbadie, Luc et Éric, Lateltin. 2005. «Biodiversité, fonctionnement des écosystèmes et changements globaux ». Chapitre 4. Dans *Biodiversité et changements globaux: Enjeux de la société et défis pour la recherche*, p. 80-99. Paris: éditions ADPF.
- Adamowicz, W.L., et Burton P.J. 2003. «Sustainability and sustainable forest management». Chapitre 2. Dans *Towards Sustainable Management of the Boreal Forest*. Édité par P.J. Burton, C. Messier, D.W. Smith et W.L Adamowicz. NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canada. p. 41-64.
- Anderson, Lee G. et Russell F. Settle. 1990. *Analyse coûts-avantages, un guide pratique*. Presses de l'Université du Québec, 174 p.
- Arano, Kathryn G. et Ian A. Munn. 2006. «Evaluating forest management intensity : A comparison among major forest landowner types». *Forestry policy and economics*, vol. 9, p. 237-248.
- Beaulieu, Nadyre et Jean Girard. 2006. *Comparatif de la forêt actuelle par rapport à des seuils de niveaux d'altération de la forêt pré-industrielle par sous-domaines bioclimatiques pour l'UAF 042-51*. Triade. Shawinigan.
- Beaulieu, Nadyre, Pierre Boudreau et Gaétan Laberge. 2009. *Rapport sur le calcul de la possibilité forestière UAF 042-51*. Initiative Triade. 323 p.
- Bengtsson, Jan, Sven G. Nilsson, Alain Franc, Paolo Menozzi. 2000. « Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forest ». *Forest Ecology and Management*, vol. 132, p. 39-50.
- Bérard, J. 1996. *Manuel de foresterie*. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Les presses de l'Université Laval, Québec, 1428 p.
- Bergeron, Yves, Brian Harvey, Alain Leduc et Sylvie Gauthier. 1999. « Stratégies d'aménagement forestier qui s'inspirent de la dynamique des perturbations naturelles : considérations à l'échelle du peuplement et de la forêt ». *The forestry chronicle*, vol. 75, p. 55-61.
- Bergeron, Yves, Sylvie Gauthier, Victor Kafka, Patrick Lefort et Daniel Lesieur. 2001. «Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest : consequences for sustainable forestry». *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 31, p. 384-391.

- Berninger, Kati, Daniel Kneeshaw et Christian Messier. 2009. «Comparing forest management preferences of different interest groups across a gradient of management intensity». *Environment Management*, vol. 90, p. 740-751.
- Bigué, Brigitte. 2004. *La ligniculture dans le cadre du zonage de la triade/quadrilatère: une vision novatrice du développement durable pour le Québec forestier*. Mémoire présenté par le réseau ligniculture Québec, p. 21
- Blais, René. 1997. « La foresterie au Canada : une efficacité qui passe d'abord par le langage ». *Annales de géographie*, Vol. 106, no 598, p. 612-630.
- Boivin, André. 1998. *Évaluation financière des investissements*. Université du Québec à Chicoutimi. 527 p.
- Bos, Jan. 1991. «Zoning in forest Management: a quadratic Assignment Problem Solved by simulated annealing», *Academic Press Limited*, 145 p.
- Boulfroy, E. et G. Lessard. 2009. *Atelier sur les projets d'aménagement écosystémique des forêts*. Tenu les 17 et 18 juin 2008 à Québec. Rapport d'atelier. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO). 84 p.
- Bourgeois, Laurence, Daniel Kneeshaw et Gaétane Boisseau. 2005. «Les routes forestières au Québec: Les impacts environnementaux, sociaux et économiques». *VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 6, no. 2, p. 1-14.
- Boyland, M, J Nelson, et F. L. Bunnell. 2004. «Creating land allocation zones for forest management: a simulated annealing approach». *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 34, p. 1669-1682.
- Bowes, Michael D. et John V. Krutilla. 1989. *Multiple-Use Management : The economics of public forestlands*. Resources for the future, 351 p.
- Brassard, François. 2008. «Les aires protégées avec utilisation durable des ressources naturelles : est-ce possible dans les forêts québécoises?» *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, regarde sur le monde*. Mise en ligne le 30 décembre 2008. En ligne : <http://vertigo.revues.org/index7243.html>  
Consulté le 15 octobre 2009.
- Brody, Samuel D, Sean B Cash, Jennifer Dyke, Sara Thornton. 2006. «Motivations for the industry to participate in collaborative ecosystem management initiatives», *Forest Policy and Economics*, vol. 8, p. 123-134.

Bureau du forestier en Chef. 2008. Aménagement Écosystémique. En ligne : <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/document/fiche-ecosystemique.pdf>. Consulté le 8 décembre 2007.

Bureau du forestier en Chef. Fiche thématique. Résultats-Possibilité forestière : explication des résultats. En ligne <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/fichiers/documents/contenu/fiche-possibilite-resultat.pdf>. Consulté le 9 décembre 2009.

Bureau du forestier en Chef. UAF 042-51. En ligne : <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/document/UAF-042-51.pdf>. Consulté le 8 décembre 2007.

Burger, James A. 2009. «Management effects on growth, production and sustainability of management forest ecosystems: Past trends and future directions», *Forest Ecology and Management*, doi:1016/j.foreco.03.015, p.1-12.

Burton, P.J., Messier C., Weetman, G.F., Prepas, E.E., Adamowicz, W.L., et Tittler, R. 2003. «The current state of boreal forestry and the drive for change». Chapitre 1. Dans *Towards Sustainable Management of the Boreal Forest*. Édité par P.J Burton, C. Messier, D.W. Smith et W.L Adamowicz. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. p 1-40.

Canada, Conseil canadien des ministres des forêts. 1997. *Critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts au Canada : Rapport technique*. ISBN 0-662-81968-3. Ottawa : Ressources naturelles Canada, 136 p.

Canada, Conseil canadien de ministres de forêts. 2010. *Base de données nationale sur les forêts*. Terminologie de la sylviculture. En ligne : [http://nfdp.ccfm.org/index\\_f.php](http://nfdp.ccfm.org/index_f.php)

Canada, Five winds international. 2000. *Le rôle de l'éco-efficacité : Problèmes et possibilités au 21 siècle à l'échelle mondiale, Partie 1 : aperçu et analyse*. Rapport, 64 p.

Canada, Institut canadien d'information juridique. 2006. *Conservation du patrimoine naturel, Loi sur la conservation du patrimoine naturel, L.R.Q., chapitre C61.01*. En ligne : <http://www.canlii.org/qc/legis/loi/c-61.01/20050211/tout.html>. Consulté le 2 janvier 2008.

Canada, Secrétariat du conseil du Trésor. 1998. *Guide de l'analyse coût-avantage*. Brouillon. En ligne : [http://www.tbs-sct.gc.ca/fin/sigs/Revolving\\_Funds/bcag/BCA2\\_f.asp](http://www.tbs-sct.gc.ca/fin/sigs/Revolving_Funds/bcag/BCA2_f.asp). Consulté le 15 juin 2007.

- Canada, Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 2001. Guide, calcul des indicateurs de l'éco-efficacité : Guide à l'intention de l'industrie.  
En ligne:  
<http://www.nrtee-trnee.com/fra/publications/rapports-annuels/rapport-annuel-2000-2001/index-RA2000-2001.php>. Consulté le 3 mars 2006
- Canada, Ressources Naturelles. *L'état des forêts au Canada, 2004-2005*. Statistiques forestières. En ligne : [http://cfs.nrcan.gc.ca/publications/?id=25649&lang=fr\\_CA](http://cfs.nrcan.gc.ca/publications/?id=25649&lang=fr_CA). Consulté le 3 mars 2006.
- Ciroth, Andreas. 2009. «Cost data quality considerations for eco-efficiency measures». *Ecological economics*, vol. 68, p. 1583-1590.
- Commission européenne, Unité chargée de l'évaluation DG politique régionale. 2003. Guide de l'analyse coûts-avantages des projets d'investissement. En ligne : [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_fr.pdf). Consulté le 12 juin 2006.
- Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 2004. *Rapport*. Bibliothèque nationale du Québec.
- Côté, Pascal. 2007. «Évaluation à long terme de l'impact de différents scénarios de l'approche Triade sur la structure des classes d'âge, les patrons de paysage et récolte de la matière ligneuse en forêt boréal mixte». Mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 71 p.
- Environnement Canada. Programme d'éco-efficacité de la l'OCDE. 2003.  
En ligne. <http://www.ec.gc.ca/ecocycle/issue6/fr/p2.cfm>. Consulté le 12 décembre 2007.
- Forget, É. F. Doyon, et D. Bouffard. 2006. «Optimisation spatialement explicite et développement durable : des résultats concrets». *L'aubelle*, no. 150, 3 p.
- Forman, Richard T.T et Lauren E. Alexander. 1998. «Roads and their major ecological effects». *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 29, p. 207-31.
- Frota, Neto, J. Quariguasi, G. Walther, J. Bloemhof, J.A.E.E van Nunen et T. Spengler. 2009. «A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks». *European journal of operational research*, vol. 139, p. 670-682.
- Gauthier, Sylvie, Alain Leduc, Brian Harvey, Yves Bergeron et Pierre Drapeau. 2001. «Les perturbations naturelles et la diversité écosystémique». *Le naturaliste canadien*, vol. 125, no. 3, p. 10-17.

- Gauthier, Sylvie, Marie-A. Vaillancourt, Alain Leduc, Louis de Grandpré, Daniel Kneeshaw, Hubert Morin, Pierre Drapeau, Yves Bergeron. 2008. *Aménagement écosystémique en forêt boréal*. Presses de l'Université du Québec. 563 p.
- Hebert, Daryll, Brian Harvey, Shaw Wasel, Elston H. Dzus, Margaret Donnelly, Jacques Robert et Fiona Hamersley Chambers. 2003. «Implementing sustainable forest management: some case studies». Dans *Towards sustainable management of the boreal forest*. NRC Research Press, p.893-948. Ottawa, Ontario, Canada.
- Hunter, M. L., Jr., G. L. Jacobson, Jr., et T. Webb. 1988. «Paleoecology and the coarse-filter approach to maintaining biological diversity». *Conservation Biology*, vol. 2, p. 375-385.
- Hunter, M.L. Jr. 1993. «Natural fire regimes as spatial models for managing boreal forests». *Biological Conservation*, vol. 65, p. 115-120.
- Hunter, M. L., Jr. 1999. «Biological diversity». In *Maintaining biodiversity in forest ecosystem*, édité par M.L. Hunter, Jr. p. 3-21. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hunter, Malcolm L. 2002. *Fundamentals of conservation biology*. États-Unis d'Amérique. Blackwell Science Inc., 535 p.
- Huppés, Gjalt et Masanobu Ishikawa. 2005. «Eco-efficiency and its terminology». *Journal of industrial ecology*, vol. 9, no. 4, p. 43-46.
- Industrie Canada. L'éco-efficacité. En ligne :  
<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inee-ee.nsf/fr/Hom>. Consulté le 27 janvier 2006.
- Institut canadien d'information juridique. Conservation du patrimoine naturel, Loi sur la, L.R.Q.c.C-61.01. En ligne :  
<http://www.canlii.org/qc/legis/loi/c61.01/20050211/tout.html>. Consulté le 2 janvier 2008.
- Jacquard, Albert. 1991. *L'avenir d'un monde fini : jalons pour une éthique du développement durable*. La corporation des éditions Fides, 203 p.
- Jacques, Julien. 2005. «Contributions à l'analyse de sensibilité et à l'analyse discriminante généralisée». Thèse de doctorat, Grenoble, Université Joseph Fourier, 207 p.
- Jobidon, Robert et Damien Saint-Amand. 1986. *Gestion forestière*. Mont-Royal (Qué) : Modulo éditeur, 193 p.

- Kimmins, J.P. 2002. «Future shock in forestry : where have we come from; where are we going; is there a “right way to manage forest?”». *The forestry chronicle*, vol. 78, no. 2, p. 263-271.
- Kiss, Alexandre-Charles. 1982. « Dix ans après stockholm : une décennie de droit international de l'environnement ». *Annuaire français de droit international*, vol. 28, p. 784-793.
- Krcmar, E., I. Vertinsky, et G. C. van Kooten. 2003. «Modelling alternative zoning strategies in forest management». *International Transactions in Operational Research*, vol. 10, p. 483-498.
- Lathoud, Françoise. 2005. «Paradigmes socio-culturels associés au territoire forestier de la Baie James ». *Vertigo : La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol 6, no1 (Juin), p. 1-10. En ligne : [http://www.vertigo.uqam.ca/vol6no1/art10vol6no1/vertigovol6no1\\_lathoud.pdf](http://www.vertigo.uqam.ca/vol6no1/art10vol6no1/vertigovol6no1_lathoud.pdf). Consulté le 18 avril 2007.
- Laurence, Bourgeois, Daniel Kneeshaw et Gaétane Boisseau. 2005. «Les routes forestières au Québec : Les impacts environnementaux, sociaux et économiques ». *Vertigo : La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 6, no 2 (septembre), p. 1-9. En ligne : [http://www.vertigo.uqam.ca/vol6no2/art16vol6no2/laurence\\_bourgeois.html](http://www.vertigo.uqam.ca/vol6no2/art16vol6no2/laurence_bourgeois.html) Consulté le 5 juin 2008
- Lebègue, Daniel, Luc Baumstark et philippe Hirtzman. 2005. *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*. Rapport du groupe d'experts. France, 112 p.
- Legault, Isabelle, Jean-Claude Ruel, Jean-Marie Pouliot et Robert Beauregard. 2007. «Analyse financière de scénarios sylvicoles visant la production de bois d'œuvre de bouleaux jaune et à papier». *The Forestry Chronicle*, vol 83, no 6, p. 840-851.
- Meek, Philippe. 2007. Essais de coupes partielles de peuplements résineux dans le cadre du projet Triade. FERIC, diapositives, no 34.
- Messier, C., et Daniel Kneeshaw. 1999. «Thinking and acting differently for sustainable management of the boreal forest». *The forestry chronicle*. vol.75. no 6. p. 929-938.
- Messier, C., B. Bingué, et L. Bernier. 2002. «Using fast-growing plantations to promote forest ecosystem protection in Canada». *Unasylva*, vol. 56, p. 59-63.
- Moreau, Luc. 2010. Feux de forêt, Mauricie été 2010. Conférence, Abitibowater, la Tuque, 16 septembre 2010.

Oliver, Chadwick D. 1999. « The future of the management industry: Highly mechanized plantations and reserves or a knowledge-intensive integrated approach? ». *The forestry chronicle*, vol. 75, no. 2, p. 229-245.

Organisation des nations unies (ONU). 1992. Conférence sur l'environnement et le développement.

En ligne : <http://www.un.org/french/events/wssd/pages/cnued.html>.

Consulté le 15 février 2009.

Plan général d'aménagement forestier. Période 2008-2013. Unité d'aménagement forestière 042-51. Version déposée le 1<sup>er</sup> août 2007, 442 p.

Projet Triade. 2007. Résultats préliminaires du calcul de possibilité. En ligne.

<http://www.ville.latuque.qc.ca/triade/index.php/le-calcul-de-possibilite-forestiere>.

Consulté le 2 septembre 2007.

Québec, Éditeur officiel. 2007. « Gazette officielle du Québec », 139<sup>e</sup> année, no. 9.

Québec, Ministère de Ressources naturelles et de la Faune. 2003-2011. Tarification forestière, les redevances pour la récolte de bois. En ligne :

<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/entreprises/entreprises-tarification.jsp>.

Consulté le 4 décembre 2010.

Québec, Ressources naturelles de la Faune et des parcs. 2003. Manuel d'aménagement forestier, 4<sup>e</sup> édition. En ligne :

<http://www.mrn.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-manuel.jsp>.

Consulté le 10 octobre 2009.

Québec, Syndicat des producteurs de bois du centre du Québec. 2008. Liste de prix et spécifications de différents marchés de bois. En ligne :

[http://www.centre-du-quebec.upa.qc.ca/section.asp?id\\_section=11](http://www.centre-du-quebec.upa.qc.ca/section.asp?id_section=11). Consulté le 15 février 2008.

Rauscher, H. Michael. F. Thomas Lloyd, David L. Loftis, Mark J. Twery. 2000. « A practical decision analysis process for forest ecosystem management ». *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 27, p. 195-226.

Redford, Kent H. et Brian Richter. 1999. « Conservation of biodiversity in a world of use ». *Conservation Biology*, vol. 13, no 6, p. 1246-1256.

Remsoft. 2009. Forest and Timberland Management.

En ligne : <http://www.remsoft.com/forestrySoftware.php>

- Rosenvald, Raul et Asco Lõhmus. 2007. «For what, when, and where is green-tree retention better than clear-cutting? A review of the biodiversity aspects». *Forest Ecology and Management*, vol. 255, p. 1-15.
- Sanderson, Eric W., Kent H. Redford, Amy Vedder, Peter B. Coppolillo et Sara E. Ward. 2002. «A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements». *Landscape and urban planning*, vol. 58, p. 41-56.
- Seymour, R. S., et Hunter, M. L., Jr. 1992. *Newforestry in eastern spruce-firforests : principles and applications to Maine*. Maine Agricultural Experiment Station, Orono, Maine. Mise. Pub\, 716. 36 p.
- Sinkin, Charlène, Charlotte J. Wright et Royce D. Burnett. 2008. «Eco-efficiency and firm value». *Journal accounting and Public Policy*, vol. 27, p. 167-176.
- Tittler, Rebecca. 2010. Portrait de la forêt préindustrielle actuelle, analyse d'écart, et principaux enjeux écologiques région administrative de la Mauricie. 73 p.
- Underhill, J. E. et P. G. Angold. 2000. «Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape». *Environ. Rev.*, vol. 8, p. 21-39.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement. 2001. Profiting from cleaner production: Performing Net Present Value calculations. Pdf. En ligne : [http://www.financingcp.org/docs/CP3\\_NPVCalculations.pdf](http://www.financingcp.org/docs/CP3_NPVCalculations.pdf). Consulté le 15 mars 2009.
- Volpé, Sylvain. 2007. «Analyse des impacts opérationnels et financiers d'un aménagement écosystémique dans la région de la Côte-Nord : le cas de l'île René-Levasseur». Mémoire de maîtrise, Québec, Université Laval, 122 p.
- Walther, P. 1986. «Meaning of zoning on the management of natural resource lands». *Journal of Environmental Management*, vol. 22, no. 4, p. 331-344.
- Wei, X., J. P Kimmins, et G. Zhou. 2003. «Disturbances and the sustainability of long-term site productivity in lodgepole pine forest in the central interior of British Columbia-an ecosystem modeling approach». *Ecological Modelling*. Vol. 164, no. 2-3, p. 239-256.
- Weitzman, Martin L. 2001. «Gamma discounting». *The American Economic Review*, vol. 91, no 1, p 260-271.
- Willison, J. H Martin et Raymond P. Côté. 2009. «Counting biodiversity waste in industrial eco-efficiency: fisheries case study». *Journal of cleaner production*, vol. 17, p. 348-353.



Wolfslehner, Bernhard et Harald Vacik. 2007. «Evaluating sustainable forest management strategies with the analytic Network Process in a pressure-state-reponse framework». *Journal of environmental management*, vol. 88, p. 1-10.

#### Communications personnelles

Beaulieu, Nadyre. Stratégie d'aménagement Triade. Abitibi Bowater. Rencontres, à Grand-mère, le 19 et le 29 octobre, et le 27 novembre 2007.

Boudreau, Pierre. Stratégie d'aménagement Triade. Abitibi Bowater. Rencontre, à Grand-mère, le 29 octobre 2007.

Gagné, Pierre. Coûts reliés à l'établissement d'une plantation de peuplier hybride et de mélèze hybride. Réseau Ligniculture Québec. Communication personnelle. Septembre 2006.

Morin, Serge. Traitements sylvicoles. Abitibi Bowater. Rencontre, à Grand-mère, le 19 octobre 2007.